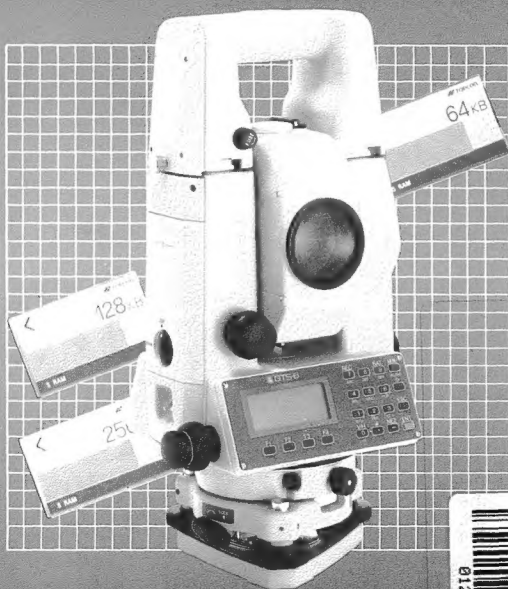


المساحة المسطوية والطبوغرافية

Plane And Topographic Surveying



د. محمد نبيل على شكرى

الناشر / مكتبة
جلال حزى وشركاه
الاسكندرية



النشر منشأة المعارف بالإسكندرية

جلال حزى وشركاه

٤٤ ش سعد زغلول الإسكندرية تليفون / فاكس: ٤٨٣٣٣٠٣

٣٢ ش مصطفى مشرفة - سوتير إسكندرية تليفون: ٤٨٤٣٦٦٢

المساحة المستوية والطبوغرافية

PLANE AND TOPOGRAPHIC SURVEYING

دكتور

محمد نبيل على شكرى

١٩٩٨

الناشر
م.م. مصطفى رشيد
بالاسكندرية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«الرحمن * علّم القرآن * خلق الإنسان * علمه البيان»

(صدق الله العظيم)

مقدمة

الحمد لله رب السموات والأرض وشكركم على نعمائكم علينا والصلاة والسلام على رسوله الأمين.

نحمد الله سبحانه وتعالى الذي هدانا لهذا الذي كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله. هذا الكتاب محاولة إعطاء صورة جلية عن فن المساحة كي يستفيد منه الطالب والمهندس على السواء بأقصى ما يمكن وبأقل جهد. فكتاب المساحة المستوية والطوبوغرافية مقدم للسادة المهندسين المدنيين وإلى أبنائنا طلاب الأقسام المدنية والمعمارية بكلية الهندسة وطلاب كليات الفنون الجميلة أقسام العمارة وطلاب الهندسة الزراعية واستصلاح الأراضي.

وقد روعي فيه إمكان الاستيعاب بأقل مجهود فأنيت عن التعقيد مع الاستعانة بالأمثلة العديدة المحلولة والمسائل المتنوعة في جميع المجالات والأبواب فضلاً عن ترتيب الموضوعات ترتيباً منطقياً متسلسلاً في سهولة ويسر. وإنني إذ أقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ جلال حزي صاحب ومدير منشأة المعارف التي ساهمت بأوفر جهد ومعاونة صادقة في سبيل إصدار هذا الكتاب بصورته الحالية.

وأرجو من الله أن يوفقنا لعمل ما فيه تقدم لبلادنا الحبيبة وللوطن العربي بالعلم والإيمان.

”ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا انك أنت السميع العليم“

أ.د. محمد نبيل علي شكري .

والبلدان التي لم تمسح بعد يعمل لها مساحة جيوديسية وتعين أجزاؤها وحدودها أولاً ثم يعمل لها بعد ذلك مساحة طبوغرافية (إنشاء الخرائط الطبوغرافية) ومن ثم يعمل لها مساحة تفريديّة أو تفصيلية ومن ثم ينشأ لها خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفنى أغراضاً متنوعة.

بجانب هذا التقسيم فإنه يوجد علم المساحة الفوتوغرافية أو المساحة التصويرية وغرضها الأساسى أيضاً إقام وإنشاء الخرائط المختلفة الأغراض والأنواع والمساحة التصويرية يمكن تقسيمها إلى عدة أقسام من حيث القياس وعموماً فهى طريقة سريعة وحديثة للحصول على صور حقيقية لسطح الأرض وتستخدم عمليات حصر وتقييم الأرضي وكذلك حصر أنواع المحاصيل المختلفة لمعرفة مساحة كل نوع منها .

المساحة المستوية تنقسم إلى قسمين:

١- المساحة الطبوغرافية (Topographical Surveying)

والغرض منها إنشاء ورسم الخرائط للمناطق المتسعة نسبياً مع بيان ما تحويه من معالم صناعية وطبيعية وبيان ارتفاعات وانخفاضات سطح الأرض على هيئة خطوط كنتور كما سيأتى بعد فى هذا المجال.

ب- للمساحة المستوية التفريديّة (المساحة التفصيلية) (Cadastral Surveying)

والغرض منها رسم وإنشاء خرائط تفصيلية أو تفريديّة لأجزاء من الخرائط الطبوغرافية وذلك بنسبة أكبر ومعنى أصح بمقياس رسم أكبر وذلك لإظهار التفاصيل والحدود للملكيات الزراعية والأملاك والمباني وغيرها. وسوف نتناول كل هذا تفصيلاً فى باب الخرائط الواردة بهذا الكتاب وتعتبر الخرائط الطبوغرافية أساساً لعمل أى خرائط تفصيلية.

ويتناول هذا الكتاب أهم الطرق وأبسطها والمبادئ والأسس التى تبحث فى إنشاء الخرائط التفصيلية والطبوغرافية - كما يتناول أهم عمليات الرقعة وهو بيان

الباب الأول

مقدمة

الغرض من علم المساحة إنشاء ورسم الخرائط التي بها يمكن تحديد مواقع الأعمال الهندسية وتخطيطها وإنشائها وأهمها القناطر والسدود والترع والمصارف. وكذلك فهي العامل الأول والأساسي في عمليات استصلاح وتقسيم وحصر وتسوية الأراضي.

والمساحة فن يبحث في معرفة الطرق المستخدمة لتمثيل جزء من سطح الأرض بما فيه من معالم طبيعية أو صناعية في خريطة (مسقط أفقي) بنسبة معينة (مقياس الرسم) لغرض معين وعموماً فهي العلم الذي يختص بتحديد وإيجاد شكل وحدود أجزاء صغيرة أو كبيرة على سطح الأرض ثم تمثيل ورسم هذه الأجزاء المحددة في مساقط أفقية أو خرائط تتنوع حسب الحاجة إليها. وينقسم علم المساحة إلى:

١- المساحة الجيوديسية العالية (High Geodetic Surveying)

وتختص بقياس وتحديد مناطق شاسعة من الأرض وتدخل كروية الأرض وشكلها الحقيقي واختلاف توزيع الكتلة داخل الأرض وعلى سطحها في الاعتبار ويطلق على هذا النوع الجيوديسيا العالية والطبيعة الأرضية.

٢- المساحة الجيوديسية: (Geodetic Surveying)

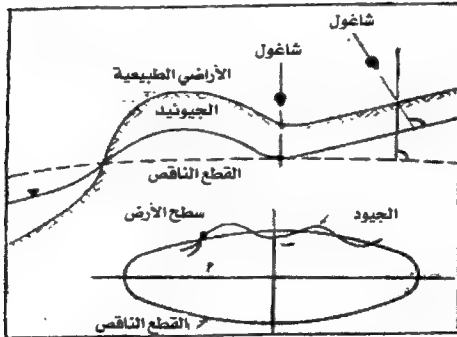
وتختص بقياس مساحات أقل من النوع الأول ويدخل فيها كروية الأرض فقط في الاعتبار.

٣- المساحة المستوية (Plane Surveying)

وهي التي تختص بقياس المساحات الصغيرة وتهمل فيها كروية الأرض أي على أساس أن سطح الأرض مستوٍ في المناطق المراد رفعها وعلى هذا الأساس يمكن العمل في المساحة المستوية في منطقة تصل إلى ٢٥٠ كيلومتر مربع بدون أخطاء. تذكر نتيجة إهمال كروية الأرض.

وبلاحظ أن قيمة نصف قطرى الأرض لهايفورد (Hayford 1924) هى المستعملة دوليا وبالمطبع فإن هذه القياسيات لا يدخل فيها ارتفاع الجبال أو انخفاض الوديان إنما حددت على أساس سطح البحر. وإذا كان المطلوب هو تحديد مواقع عدة نقط على سطح الأرض فإن لنا أن نتصور النقاط التالية:

- ١- المسافة بين أى نقطتين تساوى المسافة بين مسقطيهما على الجيوريد .
 - ٢- ارتفاع أى نقطة هو المسافة المقاسة بين هذه النقطة ومسقطها على الجيوريد أى منسوب هذه النقطة وهو المسافة المقاسة فى اتجاه العمود شكل (١).
 - ٣- مساحة الأرض هى المساحة المسقطة على الجيوريد.
- فى هذا الكتاب ستقتصر دراساتنا على أساس اختيار المستوى الأفقى كسطح مقارنة لتحديد مساحات الوضع . كما ستقتصر فى تحديد الارتفاعات على طريقة الميزانية. فى هذه الطريقة يتم القياس بطريقة لا شعورية بالنسبة لسطح الأرض الفعلى أى الجيوريد.



شكل (١) الجيوريد - القطع الناقص - الأرض الطبيعية

المعالم الموجودة فى الطبيعة على الخرائط - وكذلك عمليات التوقيع وهى تنفيذ وتخطيط المشاريع الهندسية والزراعية من واقع الخرائط الموجودة الالزمة لها . وهذا ما يهم بصفة خاصة المهندس الإثنائى فى العمليات السريعة والعادية وتخطيط المدن وكذلك تهم المهندس الزراعى فى أعمال استصلاح وحصر وتحديد الأراضى .

سطح المقارنة «Datum»

تنقسم الأعمال المساحية عامة إلى قياسات فى مستوى أفقى وذلك لتحديد مواضع معينة لإيجاد مساقط أفقية لها (عمليات الرفع والتوقيع) - وقياسات فى مستوى رأسى وهو تحديد ارتفاعات وانخفاضات هذه المواضع عن مستوى معين (عمليات الميزانيات).

ولتحديد هذه الارتفاعات تحتاج إلى سطح مقارنة ثابت لكى تتسب إليه هذه القياسات والمعروف لدينا أن الأجهزة المساحية مزودة بموازين تسوية (روح التسوية) يمكن بواسطتها إقامة محاور هذه الأجهزة فى اتجاه الجاذبية الأرضية فى جميع نقطه ولهذا فقد اتخذ هذا السطح أساساً للمقارنة ويسمى هذا السطح بالجيوئيد (Geoid) - وسطح البحر يتوقف على الجاذبية الأرضية ، وحيث أنها غير ثابتة وتتغير من مكان لآخر فإن سطح الجيوئيد سطح غير منتظم وطبيعى أى أنه لا يمكن تثيله رياضياً عن طريق معادلات رياضية معروفة - وعلى العموم فإن هذا السطح يكافئ فى مجموعته سطح قطع ناقص دورانى يختلف نصف قطره الأكبر عن الأصغر بحوالى ٢٠ كيلومتراً تقريباً . وقد اختلفت قيمة كل من نصف قطرى القطع الناقص الدورانى حسب ما استنتجه بعض علماء الجيوديسيا والطبيعة الأرضية على مر القرنين التاسع عشر والعشرين.

وسطح البحر هنا يعرف بأنه السطح المتساوى الجاذبية وذلك يعنى حسب قانون الجاذبية الأرضية بأن جميع الأجسام تنجذب نحو المركز . ولذا افترضنا أن هناك سطحاً متساوى الجاذبية فعند الشمال مثلاً تزيد قيمة الجاذبية وتقل كلما اتجهنا نحو الاستواء . والفرق بين الجيوئيد والقطع قد يصل فى بعض الأحوال إلى ٥٠ متراً وكذلك قد يختلف الانحراف المغناطيسى من مكان لآخر.

وفى جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح الماء فى البحر الأبيض عند مدخل ميناء الإسكندرية.

وحدات القياس الطولية والمساحية:

تستعمل الوحدات المختلفة فى القياسات المختلفة وما يهنا هو الوحدات المستعملة فى قياس الأطوال والمساحات وكذلك وحدات الحجم.

وقد استعمل الإنسان القديم وحدات طبيعية فى القياسات مثل القدم والذراع ثم تطورت هذه الوحدات وتقدمت وقد اتفق الفرنسيون على اختبار المتر كوحدة أساسية وذلك فى سنة ١٧٩٩.

وأهم الوحدات المستعملة فى الأعمال المساحية هى :

الوحدات الطولية :

١ متر	= ١٠ ديسمتر	= ١٠٠ سنتيمتر	= ١٠٠٠ ملليمتر
١ كليو متر	= ١٠ هكتومتر	= ١٠٠٠ متر	
١ ذراع بلدي	= ٠,٥٨ متر	= ٥٨ سنتيمتر	
١ ذراع معماري	= ٠,٧٥ متر	= ٧٥ سنتيمتر	= $\frac{٣}{٤}$ متر
١ قصبة	= ٣,٥٥ متر	= ٣٥٥ سنتيمتر	
١ بوصة	= ٢,٥٤ سنتيمتر	= ٢٥,٤ سنتيمتر	
١ قدم	= ١٢ بوصة	= ٣٠,٤٨ ملليمتر	
١ ميل	= ١٧٦٠ ياردة		
١ ياردة	= ٣ قدم		

وحدات المساحات :

نستنتج غالباً وحدة القياس للسطوح من قياس الأطوال والوحدات المستعملة في الأراضي الزراعية التي نحن بصددتها هي عادة:

(١) الهكتار.

(٢) الفدان - القيراط - السهم.

(٣) المتر المربع.

الفدان = ٨٣.٤٢٠٠ متر مربع	= ٤٢٠٠ متراً مربعاً تقريباً
القيراط = ١٧٥.٤٢ متر مربع	= ٢٤ قيراط
السهم = ٧٣.٤٢ متر مربع	= ١٧٥ متر مربع تقريباً = ٢٤ سهم
الفدان = ١٠٠٠ ÷ ٣ قصبة مربعة	
الذراع المعماري = ٩ / ١٦ متر مربع	
الهكتار = ١٠٠.٠٠ متر مربع = ١٠٠ × ١٠٠ متر مربع	
أى أن ١ هكتار = ٢.٣٩ فدان	

وحدات الحجم:

المتر المكعب عموماً هو أهم الوحدات المستعملة في حساب الأتربة والمكعبات

١ متر مكعب = ١ مليون سم مكعب = ١٠٠٠ لتر

١ لتر = ١٠٠٠ سم^٣

الباب الثاني

المساحة بالجنزير والرفع

Chain Surveying

تعتبر المساحة بالجنزير أو الأطوال من أبسط الطرق المستعملة في الأراضي وأرخصها وإن لم تكن أدقها. ويستعمل في هذا النوع أدوات القياس الطولي فقط، مع الاستعانة ببعض الأجهزة البسيطة أحياناً لإقامة وإسقاط الأعمدة. وهذه الطريقة تصلح للمساحات الصغيرة وفي الأراضي المكشوفة القليلة الارتفاعات والانخفاضات.

خطوات رفع منطقة:

تتلخص عملية الرفع في الخطوات الآتية:

- ١- عملية الاستكشاف.
- ٢- رسم كروكي عام للمنطقة لمراد رفعها.
- ٣- اختيار وتثبيت نقط المضلع وتكوين الهيكل العام للمنطقة.
- ٤- عمل كروكيات النقط.
- ٥- قياس أطوال الخطوط.
- ٦- عمل التحشية أو الإحداثيات.
- ٧- تحقيق العمل.

١- الاستكشاف (Reconnaissance):

نمر في المنطقة المراد رفعها ورسم خريطة لها ونكون فكرة شاملة عن حالة المنطقة والتعرف على حدودها ومواقعها بالنسبة لبعض وما تحتويه من مبانٍ وشوارع وأعمال صناعية وطبيعية حتى يمكن اختيار أحسن المواقع للنقط التي سوف نختارها لتكون الهيكل الأساسي للمنطقة.

٢- كروكى المنطقة (Sketch)

يسمى أيضاً اسكتش المنطقة. ويرسم كروكى المنطقة شكل (٢) فى دفتر الغيط، وهو عبارة عن دفتر متوسط الحجم صفحاته مسطرة أو غير مسطرة ٢٢ X ١٢ سم تقريباً أو أقل أحياناً يتوسطه خط ولا يشترط فى الكروكى أن يكون بمقياس رسم معين، بل يكفى أن يمثل الطبيعة بقدر الإمكان مع ملاحظة الجهات الأصلية أثناء الرسم. والمعتاد أن يمثل أعلى الورقة اتجاه الشمال. ويراعى فى الكروكى ما يلى:

١- أن يكون الرسم بالقلم الرصاص الخفيف ليتيسر عمل التعديلات التى يتضح عدم مطابقتها للطبيعة.

٢- أن يكون الكروكى كبيراً بدرجة تسمح ببيان التفاصيل.

٣- يكتب فى الركن الشمالى الشرقى نوع المساحة (الجزير مثلاً) وموقعها وتاريخ عملها ومن قام بها وتوضع بقدر الإمكان الإشارات الإصطلاحية عليه.

٣- اختيار وتثبيت نقط المضلع وتكوين الهيكل العام،

النقط التى تكون الهيكل الذى ستؤخذ عليه تفاصيل الحدود والمعالم الداخلية للمنطقة يجب أن تكون مع بعضها مثلثات لأننا سوف نستعمل أدوات قياس طولية فقط، أى الرسم بأطوال فقط. ولذا يجب أن يكون الهيكل مكون من مثلثات، لأن المثلث هو الشكل الوحيد الذى يمكن توقيعه وتعيينه بمعلومية أطوال أضلاعه فقط.

ويراعى فى انتخاب نقط المضلع ما يلى:

١- تكون الخطوط أقل ما يمكن ويقدر الحاجة، وتكون فى الأجزاء المستوية المكشوفة. وإذا كانت هناك عقبات لا يمكن تفاديها بين نقط المضلع. فتتغلب عليها بالطرق المعروفة.

٢- أن يكون الخط أطول ما يمكن ولا يزيد عادة عن ٢٠٠ متر.

٣- إنتخاب النقط بحيث أن زوايا المثلثات تكون بين 30° ، 120° تقريباً وأحسنها 60° ، أو تكون المثلثات متساوية الساقين وقائمة، لأن المثلثات ذات الزوايا الحادة أو المنفرجة جداً يصعب رسمها وتكون معرضة للأخطاء.

٤- جعل الخطوط أقرب ما يمكن من التفاصيل وحدود المنطقة بحيث لا تبعد أى نقطة من التفاصيل المأخوذة على خط الجزير عن 30 متراً.

٥- إنتخاب النقط فى مواقع يصعب إزالتها، فلا تكون فى أرض رخوة أو تعترض المرور أو عرضة للعبث بها، وفى مواقع يسهل العثور عليها عند الرغبة فى البحث عنها واستعمالها.

٦- تعيين النقط بأوتاد خشبية فى الأراضى غير الصلبة وتكون بارزة قليلاً، أما فى الأراضى الحجرية أو المرصوفة فتدق زوايا حديدية أو مسامير تكون رؤوسها فى مستوى سطح الأرض.

وشكل (٢) يبين مضلع المنطقة أ ب ج د مع خطوط التحقيق ب د ، ع ل ، م ك وخط إضافى س ص لرفع حدود المدرسة النموذجية.

٤- كروكيات النقط:

يعمل لكل نقطة كروكى على حدة وذلك بعد أن نوقع مواضع نقط المضلع بالتقريب على الكروكى العام وتوصل بخطوط باللون الأحمر أو لون مخالف رسم به الكروكى وترقم بأرقام أو حروف كما فى شكل (٢) .

١- يعمل الكروكى للنقطة برسم الجزء المحيط بالنقطة مكبراً فى صفحة وتأخذ بعدها عن نقطتين ثابتتين (الأفضل ثلاثة) فى الطبيعة (البعد الثالث للتحقيق). وشكل (٢) يوضح كروكى لنقطة أ.

٢- نقيس الأبعاد بالشريط ونكتب هذه الأبعاد على الكروكى حتى إذا أزيلت النقطة أو لم يستدل عليها يمكن الاهتداء إليها مرة أخرى عند استئناف العمل أو تحديدها فى حالة فقدها. وأفضل الأبعاد ما كانت فى اتجاهات متعامدة مع بعض تقريباً.

٥- قياس أطوال الأضلاع:

- ١- تقاس بإحدى الطرق الآتي شرحها.
- ٢- تقاس الأضلاع مرتين ذهاباً وإياباً ويؤخذ المتوسط.

٦- التحشية أو الإحداثيات (Offsets)

معنى التحشية هو تعيين إحداثيات التفاصيل ونقط الحدود بالنسبة لخطوط المضلع والتي نطلق عليها خطوط الجزير فأى نقطة يمكن اعتبار إحداثيتها الصادي هو بعدها العمودي عن الخط، وإحداثيتها السيني هو بعد مسقط هذه النقطة على الجزير من أول الخط.

ولإجراء التحشية تجري الخطوات التالية:

- ١- يفرد الجزير في اتجاه الخط المراد رفع التفاصيل حوله ويرسم حوله كروكي للخط في صفحة مستقلة. وطريقة رسم كروكي الخط بأن نرسم خطاً متوسطاً الصفحة طويلاً ليمثل الضلع وحوله كروكي التفاصيل كما في الطبيعة شكل (٣).

٢- نأخذ إحداثيات نقط التفاصيل بإسقاط أعمدة منها على الجزير ونقيس أطوال الأعمدة بالشريط ، وكذلك نعين المسافة من بدء الخط حتى مسقط كل نقطة على خط الجزير، تكرر العملية لكل النقط كما تكرر العملية مرة بعد أخرى كلما انتهى طول الجزير وهكذا حتى نهاية الخط.

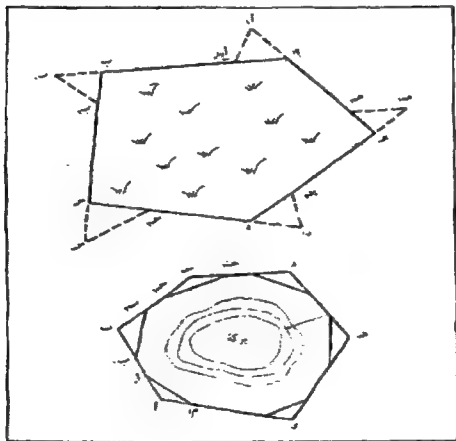
٣- النقط التي تعمل لها التحشية هي:

- أ - نقط التغير في اتجاه خطوط التفاصيل أى الكسرات.
- ب - أركان المبانى.
- ج - إذا كان المنحنى منتظم الإتناه فتؤخذ على مسافات متساوية حسب مقياس الرسم أو تؤخذ عند نقط التغير فى الإتناه.
- د- إذا كانت هناك مبان فتؤخذ لها التحشية بأرطة أو أعمدة أو امتدادات أو بالتحشية المثلثة كما سيأتى ذكره فى باب رفع المبانى.
- هـ- إذا كان الحد مستقيماً وطويلاً تؤخذ عليه نقط متوسطة للتحقيق.

٦- مقياس رسم الخريطة يحدد مدى الدقة التي يجب أن نتبعها في القياس ورسم التفاصيل إذ لا داعي لأخذ تفاصيل لا يسمح مقياس الرسم المستعمل ببيانها. فمثلاً إذا كان المقياس ١:١٠٠٠ فيمكن قراءة الجنزير إلى أقرب ثلاثة سنتيمترات لأن هذا البعد يمكن توقيعه على الخريطة بطول $\frac{1}{4}$ ملليمتر وهو أقل ما يمكن توقيعه، إذ يساوى سمك القلم الرصاص تقريباً.

٧- تحقيق العمل،

خطوط التحقيق عبارة عن بعض الخطوط الزائدة عن الضروري لرسم الشكل - فمثلاً أى شكل رباعى يكفى لرسمه أربعة أضلاع وقطر ، فإذا قمنا القطر الآخر فذلك للتحقيق . ويجب أن يكون هناك خطوط تحقيق فى كل مضلع فنقيس القطر



شكل (٤)

أو خط التحقيق من الرسم ونقارنه بالطول الذى قسناه فى الطبيعة ، وهذا يساعد على كشف أى خطأ يكون قد وقع فى قياس الأطوال فى الطبيعة أو عند توقيعها على الورقة.

يمكن تحقيق العمل فى المثلثات الكبيرة بإنشاء مثلثات صغيرة وفى شكل (٢) نجد أن القطر ب د استخدم كخط تحقيق والخطين ل ع ، م ك كخطى تحقيق فى المثلث أ د و.

عمل المكتب:

بعد انتهاء عمل الغيظ يبقى عمل المكتب لرسم واستكمال الخريطة وسوف نوضح فى باب الخرائط جميع ما يتعلق برسم الخرائط.

رفع منطقة يتعذر تقسيمها إلى مثلثات:

حيث أن أساس العمل فى المساحة بقياس الأطوال هو تكوين هيكل لها مكونة من مجموعة من المثلثات، وحيث أنه كثيراً ما يصادفنا حالات يتعذر فيها ذلك التقسيم، فيجب اتباع طرق أخرى نبين بعضها فيما يلى:

قد تكون لدينا حديقة أو مزرعة ويراد رفعها شكل (٤) فنجرى الخطوات التالية:

١- نحيط المنطقة بمضلع مثل أ ب ج د ه ثم نقيس أطوال أضلاعه، وتكون عليها مثلثات أ أ_١ ب_١ ، ب ب_١ ج_١ وهكنا حيث يكون أحد أضلاعها عبارة عن امتداد أحد أضلاع الهيكل الأصلى. وعند رسم المضلع نبدأ برسم أحد الأضلاع وليكن أ ب ثم نوقع عليه بمقياس الرسم المثلثين الموجدين عند طرفيه. نمد أ أ_١، ب ب_١ ونوقع عليهما طول أ ه، ب ج فتتعين ه ج ، وبالمثل نكون المثلث ج د ج_١ ونمد ج ج_١ ونحدد عليه الطول د ه فتتعين د ه ونقيس طوله من الرسم ونقارنه بطوله فى الطبيعة كتحقيق . ويمكن البدء بأى خط آخر وليكن و ه.

٢- قد لا يسمح المكان بمد الخطوط وتكوين مثلثات خارج المضلع، ففى هذه الحالة نكون مثلثات داخل المضلع نفسه كما فى حالة المستنقع شكل (٤).

طرق قياس أطوال الخطوط (Distance Measuring)

يعتبر قياس الأطوال أساس كل الأعمال المساحية ، وأى خط يمكن قياس طوله أو المسقط الأفقى له بطرق شتى وبأدوات وأجهزة مختلفة تختلف من ناحية الدقة فى النتائج والسرعة فى العمل.

والطرق المتبعة هى:

- ١ - طرق تقريبية مثل استعمال الخطوة وسرعة السيارة والبيدومتر وغيرها.
 - ٢ - استعمال أدوات القياس الطولية كالشرط والجنزير.
 - ٣ - استعمال أطوال وزوايا.
 - ٤ - استعمال طرق بصرية خاصة كما فى المساحة التاكيومترية
 - ٥ - استعمال طرق الأجهزة الالكترونية مثل الأجهزة الكهروضوئية والأجهزة التى تعمل بموجات الراديو الكهرومغناطيسية والرادار.
- وستتكملم فى هذا الباب على النوع الثانى فقط ، أما الطرق لأخرى فسيأتى شرحها فيما بعد.

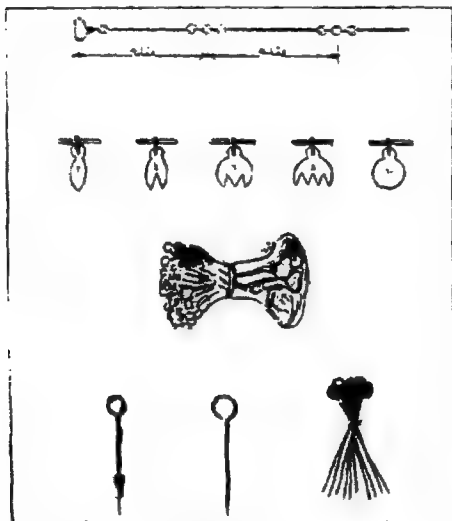
الأدوات المستعملة

١- الجنزير، (Chain)

كان الجنزير فيما مضى أهم ما يستعمل فى قياس الأطوال ، أما الآن فلا يستعمل إلا فى القياسات التى لا تتطلب دقة كبيرة أو فى القياسات التمهيدية والجنزير رخيص الثمن سهل الإصلاح وكثير التحمل لذا يستعمل فى الأراضى الوعرة.

يتركب الجنزير من عقل من الحديد أو الصلب تدهن باللون الأسود، وتتصل كل عقلة بالأخرى بحلقات من نفس المعدن وينتهى طرفا الجنزير بمقيطين من النحاس (شكل ٥). والجننازير المستعملة فى مصر بطول ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ متراً وإن

كان طول ٢٠ متراً هو الأكثر شيوعاً . والجزير يتكون من مجموعة من العقول كل منها ٢٠ ستيمتراً وذلك بما يتبعها من حلقات ، وطول الجزير يعتبر من خارج القبضتين. وتوجد عند نهاية كل مترين ، أى ١٠ عقلات ، علامة نحاسية ذات شكل يختلف تبعاً لعدد الأمتار الذي تدل عليه العلامة. فمثلاً علامة ٢ متر ذات سن واحد، وعلامة ٤ متر ذات سنين، وهكذا حتى علامة ١٠ متر وهي منتصف الجزير فتدل عليها علامة مستديرة والعلامات متشابة من طرفي الجزير فمثلاً ١٢ متراً تدل عليه علامة ذات ٤ سنون لأنها متماثلة مع ٨ متر. ومن الطبيعي أنه يمكن الحكم على أنها مسافة ١٢ وليس ٨ متراً بمجرد النظر.



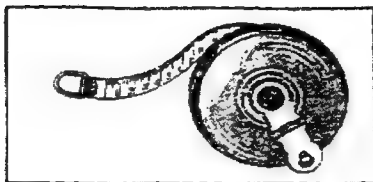
شكل رقم (٥)

لفرد الجنزير تمسك قبضتى الجنزير باليد اليسرى. ثم نفرد بقوة مع جعل القبضتين فى اليد اليمنى. يمسك شخص آخر إحدى القبضتين ويتجه إلى الأمام حتى يفرد تماماً. وعند انتهاء العمل به يطوى من منتصفه كل عقطين مع بعض مشنى حتى نهايته حتى يصير الجنزير على هيئة حزمة ثم يربط بالحزم الخاص به. ويجب التحقق من طول الجنزير قبل استعماله لتعرض طوله للتغير نتيجة لعدة عوامل مثل اتساع الحلقات أو انثناء بعض العقلات. ويحقق طول الجنزير من آن لآخر بمقارنته بشريط صلب مضبوط. ومن عيوب الجنزير ثقل وزنه مما يسبب صعوبة جعله أفقياً تماماً فى الأرضى شديدة الانحدار.

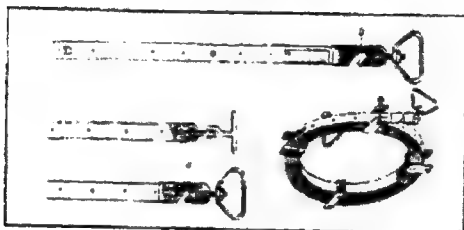
٢- الشرائط (Tapes)

تعتبر أفضل ما يستعمل للقياس المباشر. وهى إما أن تكون من الكتان (Linen Tapes) أو الصلب ويصل طولها إلى ١٠٠ متر وهى تلف حول بكره بداخل علبة من الجلد أو الصلب كما فى شكل (٦). والأشرطة الثقيل تقسم على أحد الوجهين إلى أمتار وديسمترات وستيمترات والأمتار مطبوعة باللون الأحمر وفى الشريط الصلب غالباً جزء صغير فقط عند أوله مقسم إلى ملليمترات. ويطرف الشريط حلقة من النحاس لسحب منها ومن عند طرفها الخارجى يبدأ صفر القياس. ويجب استعمال الشريط الصلب فى الأعمال الدقيقة كما فى المساحة بالمدن وإيجاد المسطحات والمشروعات الدقيقة. وأحسن أنواع الشريط النيل ماهو مقوى بأسلاك رفيعة من البرونز أو النحاس تساعد على حفظ طوله من التمدد أو الانكماش، ويجب معايرة الأشرطة من آن لآخر للتأكد من طولها وعمل التصحيح اللازم.

وهناك شرائط صلب تعمل عمل الجنزير بمعنى أنها غير مقسمة بدقة ولكن بعلامات كل ١٠ سنتيمتر وكل نصف متر وكل متر (شكل ٧) وطولها ٢٠ متر وهناك مجرى عند كل مقيض لتثبيت الشريط فى شوكة وطول الشريط يبدأ من هذه المجرى وفى العادة تقسم العشرة سنتيمترات الأولى منه إلى سنتيمترات وملليمترات.



شكل رقم (٦)



شكل رقم (٧)

عيوب الشريط،

١- يصعب استعماله في تيارات الهواء الشديد لتعذر شده أفقياً.

احتياطات في الاستعمال،

١- يجب إمرار الشريط بين أصبعين عند لف الشريط التيل في علته، مع وضع خرقة مندة بين الأصبعين لأزالة الأتربة.

٢- يجب إبعاده عن الأرض المبللة وعن الماء حتى لا يتأثر طوله إذا ما أصابه بلل.

٣- الشريط الصلب سريع التعرض للكسر إذا أسي استعماله، ويحتاج إلى عناية كبيرة عند استعماله.

٤- الشريط الصلب معرض للصدأ عند تعرضه للرطوبة ويجب مسحه بخرقة مبللة قبل لفه ثم تجفيفه ودهنه بطبقة من الزيت أو الفازلين عند حفظه.

٢- الشوكة، (Arrow)

عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب (بطول ٢٠ - ٤٠ سم) مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها في الأرض والطرف الثاني على هيئة حلقة مستديرة كمقبض. شكل (٥).

وفي الأراضي المنحدرة تستعمل أحياناً شوكة تسمى (الشوكة المثقلة Drop Arrow) شكل (٥) وهي شوكة عادية بنهايتها ثقل وتستعمل في القياس في الأراضي المنحدرة وذلك بإسقاطها لتعيين موقع النقطة.

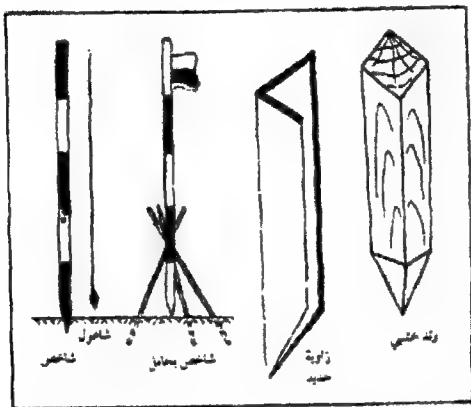
٤- الأوتاد، (Pegs)

وهي نوعان الأول من الخشب بطول (٢٠ - ٣٠ سم) تقريباً مدبب من أحد طرفيه وقد يكون مضلعاً شكل (أ) أو مستديراً. والنوع الثاني على هيئة زوايا من الحديد شكل (أ) أو مسامير، وهذا النوع يستعمل في الأراضي الصلبة كالأسفلت. والأوتاد تدق في نقط بدء القياس أو في النقاط المحددة لرؤوس المضلعات ويترك منها جزء حوالي سنتيمتران فوق سطح الأرض حتى يسهل الرجوع إليه أو إعادته إلى مكانه إذا فقد.

٥- الشواخص (Range Poles)

عبارة عن أعمدة خشبية اسطوانية (شكل أ) أو مضلعة مشتملة الشكل وطولها يتراوح بين ٢، ٥ متراً وقطرها من ٣ إلى ٥ سنتيمتر تقريباً وأسفل كل منها كعب عبارة عن مخروط حديدي مدبب ليسهل غرسها وتثبيتها في الأرض وحفظها من التآكل. ويلون الشاخص بالألوان زاهية متبادلة عادة أبيض وأحمر وأسود، وطول كل جزء من الألوان نصف متر حتى يمكن استعماله أحياناً للقياس

التقريبى. وتبادل الألوان يساعد على تمييزها ورؤيتها عن بعد، وقد يوضع علم أصفر أو أحمر حتى تزداد سهولة رؤيته. ويلاحظ أن تفرس الشواخص رأسياً تماماً فى الأرض وإذا تعذر ذلك تستعمل لها حوامل خاصة.



شكل رقم (أ)

٦- خيط وثقل الشاغول: (Plumb Bob)

عبارة عن ثقل عادى مخروطى الشكل ومعه خيط متين (شكل أ) وهو يستعمل فى عملية التسامت أى تعيين المسقط الأفقى لنقطة وفى ضبط رأسية حواف وأركان المباني وعلى العموم فى الأغراض التي تتطلب تعيين خطوط رأسية.

قياس أطوال الخطوط

١- إذا كان طول الخط أقصر من طول الجزير،

الحالة الأولى: الأرض مستوية تقريباً ،

نمد الجزير أو الشريط بين الوددين المحددين لطول الخط بحيث يكون مستقيماً وأفقياً تماماً والحد الخارجى لإحدى قبضتى الجزير عند نقطة ابتداء الخط ثم نعين الطول مباشرة على الجزير أو الشريط.

٢- إذا كان طول الخط أطول من جزير،

يحتاج القياس فى هذه الحالة أولاً إلى عملية توجيه الخط بواسطة الشواخص. نفرض أن أ ب شكل (١٠) هو الخط المطلوب قياسه فى الاتجاه من أ إلى ب . نجرى العمل بالخطوات التالية:

١- يمسك شخص أول الجزير ويسمى (الخلفى) والآخر بتهائته ويسمى (الأمامى) ويكون معه ١٠ شوك.

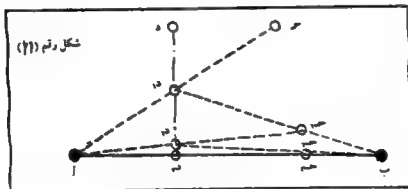
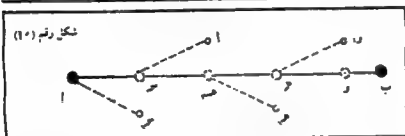
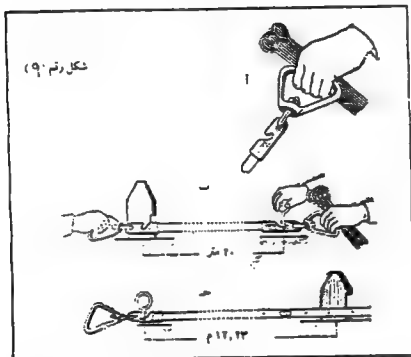
٢- نحدد كل من أ ، ب بوترد ويوضع شاخص فوق كل منهما ثم يفرد الجزير.

٣- يثبت الخلفى أول الجزير أو الشريط فى أ ويجلس القرفصاء خلف أ ليستسنى له رؤية كعب الشاخص فى ب ثم يتحرك يميناً أو يساراً حتى يختفى الشاخص فى ب خلف الشاخص فى أ وبذلك يصبح الخلفى على الاتجاه أ ب تماماً

٤- يطلب الخلفى من الأمامى الذى يكون قد اتخذ وضعاً تقريبياً مثل جـ أ أن يتحرك حتى يختفى الشاخص الذى معه أ فيأخذ الأمامى الوضع جـ الواقعة على (أ ب) ويشد الجزير جيداً فى هذا الاتجاه ثم تغرز شوكة فى جـ نهاية الجزير (شكل ١٠).

٥- الآن نحدد نهاية الجزير الأول أو الطرحة الأولى. يسحب الأمامى الجزير ويسير الخلفى فى اتجاه ب حتى تصل قبضة الجزير مع الخلفى إلى جـ. يكرر العمل من جـ فيتخذ الجزير الوضع جـ د مثلاً (شكل ١٠) ويعملية التوجيه تحدد

النقطة د ، وتوضع فيها شوكة وقبل أن يسحب الأمامي عند د الجزير يرفع الخلفي الشوكة التي وضعت في ج ثم يسحب الجزير حتى يصل الخلفي إلى د ويقوم بتوجيه الجزير لتحديد ه بنفس الطريقة السابقة.



٦- يستمر العمل هكذا حتى نهاية الخط فإن كان طوله أكبر من ٢٠٠ متر (أى ١٠ جنازير)، يسلم الخلفى إلى الأمامى الشوك العشر ويرصد فى دفتر معه مخصص للملاحظات أنه قد قيس من الخط ٢٠٠ متر. يستمر العمل حتى نهاية الخط ويرصد الطول الكلى للخط وذلك بتحديد عدد المرات التى تبدلت فيه الشوك من واقع الدقتر الموجود مع الخلفى. يضاف الطول المقابل لعدد الجنازير الصحيحة لآخر نقطة وصل إليها الخلفى، وعدد الجنازير يدل عليه عدد الشوك الموجود معه. وأخيراً تضاف الأمتار الصحيحة وكسرهما لنهاية الخط - قد نستعمل خمس شوك بدلاً من ١٠ وتكون المسافة المقيسة ١٠٠ م.

٧ - يحسن جداً التوجيه بإشارات يتفق عليها بدلاً من النداء.

٢- إذا كان الخط طويلاً بحيث يتعذر رؤية نهايته،

١- يفرض أن أ ب هو الخط المطلوب قياسه والمسافة بينهما كبيرة بحيث يتعذر رؤية أ من ب بوضوح شكل (١١).

٢- نختار نقطتين مساعدتين مثل ج ، د بين أ ، ب بحيث يمكن رؤية كل من أ ، ب من ج ، ثم ب ، ج من د بحيث تكون هاتان النقطتان أقرب ما يمكن من اتجاه الخط أ ب.

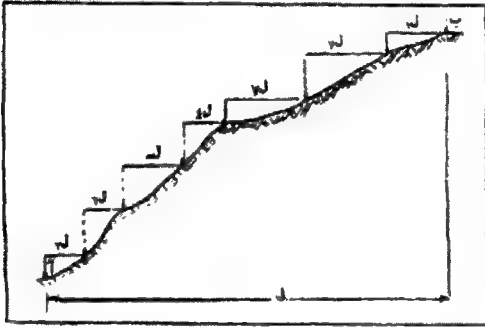
٣- يقف شخصان يواجهان بعض فى ج ، د . يطلب الموجود فى ج من د أن يحرك الشاخص الموجود معه حتى يأتى إلى وضع مثل د بحيث تصبح ج ، د ، أ على استقامة بعض. يأتى دور الشخص الواقف فى د فبأمر الموجود فى ج أن يتحرك حتى تصبح ج ، د ، ب على استقامة واحدة.

٤- تكون العملية بالتبادل حتى نحصل أخيراً على وضع تكون فيه أ ، د ، ب على استقامة واحدة. وذلك يحدث عندما يأتى دور أحد الشخصين فى التوجيه فيجد أن الشواخص الثلاثة تكون فعلاً على استقامة بعض لأن أ ، د ، ب تكون على استقامة واحدة. وكذلك ب ، ج ، د أى الأربعة على استقامة واحدة.

٥- تقاس الأجزاء أ د ، د ج ، ج ب بإحدى الطريقتين السابقتين.

الحالة الثانية، القياس على أرض غير منتظمة الانحدار:

إذا كان ميل الأرض غير منتظم فتتبع طريقة السلام حيث يبدأ القياس من النقطة العليا فيمسك الخلفى مقبض الجنزير أو بداية الشريط ويمسك الأمامى المقبض الآخر أو أى علامة من علامات الجنزير أو الشريط يتوقف اختبارها على درجة ميل الأرض حيث يكون فرق الارتفاع معقولاً ويشد الجنزير أو الشريط أفقياً فى الاتجاه أ ب شكل (١٢) ومساعدة خيط شاغول يمكن تحديد النقطة ج ويكرر القياس إلى أن نصل إلى النقطة ب ويكون الطول الكلى أ ب مساوياً لمجموع الأطوال المقاسة ل١ + ل٢ + ل٣ + ... + ل ن.



شكل رقم (١٢)

الحالة الثالثة، القياس على أرض منتظمة الانحدار:

إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار أو مكونة من عدة انحدارات منتظمة فيفضل فى هذه الحالة قياس المسافة المائلة (م) مباشرة وبمعرفة زاوية الانحدار يمكن حساب المسافة الأفقية (ف) وهناك بعض الأجهزة البسيطة لقياس زاوية الانحدار لسطح الأرض كالكلينومتر.

الكلينومتر (The Clinometer)

يستعمل الكلينومتر لإيجاد انحدار سطح الأرض، وأبسط أنواعه عبارة عن لوحة مستطيلة من الخشب شكل (١٣) مرسوم عليها منقلة نصف دائرية يتدلى من مركزها خيط معلق به ثقل شاغول. والجهاز له قاعدة من الخشب أيضاً. ولاستعمال الجهاز في قياس زاوية الانحدار نضع الكلينومتر على سطح المنحدر فنجد أن خيط الشاغول يأخذ وضعاً رأسياً دائماً وينطبق على قراءة على المنقلة، وهي زاوية الانحدار المطلوب شكل (١٣).

وللكلينومتر أنواع أخرى منها النوع المبين في شكل (١٣) وهو يتركب من ساقين مستقيمين موضوعين أحدهما فوق الآخر ومتصلين عند أحد طرفيهما بمفصله بحيث يمكن تقريب أو إبعاد الطرفين الآخرين عن بعضهما حسب الحاجة وفي هذه الحالة تصغر أو تكبر الزاوية بين الساقين. ولسمرفة مقدار الزاوية يوجد بنهاية الساقين قوسان يتزلق أحدهما على الآخر، أحدهما مقسم إلى درجات وأجزاء الدرجات ومثبت بالساق العلوى ، والقوس الآخر مثبت بالساق السفلى ومبين عليه علامة تنطبق على صفر القوس الأول عندما يكون حرفا الساقين منطبقين على بعض ، وبأعلى الساق العلوى ميزان تسوية.

ولاستعمال هذا الجهاز يلزم وضع لوح أو شاخص على الأرض المائلة لأخذ متوسط التدرج في سطح الأرض ثم نضع قاعدة الجهاز على الانحدار وترفع الذراع حتى بصير أفقياً (الفقيحة في منتصف مجراها) فتكون الزاوية هـ بين الذراعين هي الزاوية المطلوبة.

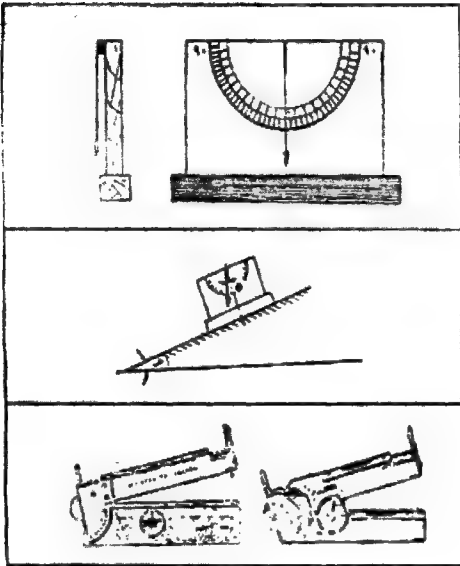
العقبات والموانع هي قياس أطوال الأضلاع

كثيراً ما نعترضنا عوائق وعقبات أثناء قياس الأطوال ، وهذه العقبات على ثلاثة أنواع.

أولاً - العائق يعترض القياس فقط.

ثانياً - العائق يعترض الرؤية (التوجيه) فقط.

ثالثاً - العائق يعترض القياس والتوجيه معاً.



شكل رقم (١٢)

أولاً - العائق يعترض القياس:

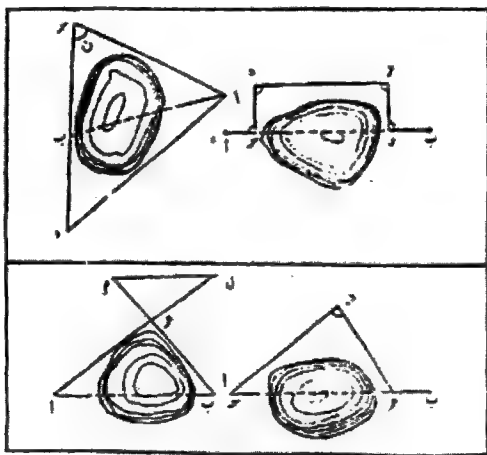
- ١- الطرق غير المباشرة في حالة إمكان القياس حول المانع (الدوران حوله)،
مثال هذه الحالة بركة أو مستنقع. والمطلوب قياس البعد أ ب. والشكل (١٤)
يبين أربع حالات لتعيين أ ب هي:

١- نحدد ه نقطة على الخط أب بالتوجيه حيث المانع لا يحجب الرؤية، نقيم منها العمود ج د على أب بحيث يتجاوز طوله حدود البركة. من نقطة د نقيم العمود ه د بحيث تقع ه بعد نهاية البركة. نقيم من ه العمود ه و بطول يساوي د ج فيكون ه د موازياً و ج الذي حالت البركة دون قياسه وكذلك يساويه في الطول، فيكون:

$$أ ب = أ ج + د ه + و ب$$

ويلاحظ أن تكون ج د أقرب ما يمكن لحدود البركة.

٢- نعين نقطة مثل ه على اتجاه أ . من ه نحدد اتجاهاً مناسباً مثل ه د ونقيم عليه من العمود ج د ، بقياس ج د ، ه د يمكن إيجاد ج د بنظرية فيثاغورث.



شكل رقم (١٤)

٣- نتخب نقطة مثل هـ ، ثم نصل ب هـ ، ونمدّه إلى م بحيث يكون ب هـ = هـ م أو نسبة منها . نصل أ هـ ، ونمدّه إلى ل بحيث أن أهـ = هـ ل أو بنفس النسبة فيكون أ ب مساوياً م ل أو بنفس النسبة ، ولاحظ أن الطرق الثلاث السابقة فيها إقامة أعمدة أما هذه الطريقة فلا تعتمد عليها وتعتبر هذه الطريقة أفضل مما سبق من الطرق.

٤- هذه الطريقة مثل السابقة لا تعتمد على الأعمدة وهي طريقة كثيرة الاستعمال جداً . لقياس أ ب نمرر أى خط فى الطبيعة بالنقطة ب ويتفادى حدود البركة وليكن الخط ج د ب . نصل أ ج ، أ د نقيس الأربعة خطوط أ ج ، أ د ، ب د ، ب ج ويمكن حساب الطول أ ب من المعادلة:

$$أ ب = \sqrt{\frac{أ ج \cdot ب د + أ د \cdot ج ب}{ج د}} - ب د \cdot ب ج$$

٢- الطرق غير المباشرة هي الحالة التي لا يمكن فيها الدوران أو القياس حول المانع،

مثال هذه الحالة ترعة ممتدة أو نهر. والمقصود هنا حالات المجارى المائية المتوسطة الاتساع أو الصغيرة كما فى الشكل (١٥).

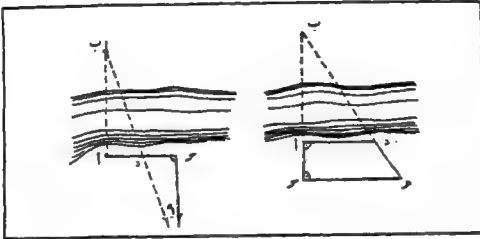
١- لقياس عرض المجرى أ ب ، نقيم من أ العمود أ د . نمد أ ب على استقامته ونعين نقطة مثل ج عليه، على بعد مناسب من أ نقيم من ج العمود ج هـ على أ ج ونتحرك على ج هـ حتى نأتى إلى الوضع هـ الذى يكون فيه ب ، د ، هـ على استقامة واحدة. نقيس أ د ، ج هـ فيكون:

$$\frac{أ د}{هـ ج} = \frac{أ ب}{ب ج}$$

$$أ ب = \frac{ب ج \cdot أ د}{هـ ج} = \frac{أ ب \cdot ج + أ د \cdot ج هـ}{ج هـ}$$

وقياس أ ج يمكن معرفة أ ب.

٢- أو من أ نقيم العمود أ ج ، وننصفه في د . من ج نقيم العمود ج ه ، ونتحرك على ج ه حتى نأتى إلى وضع تكون فيه ب ، د ، ه على استقامة واحدة، فيكون ج ه = أ ب .



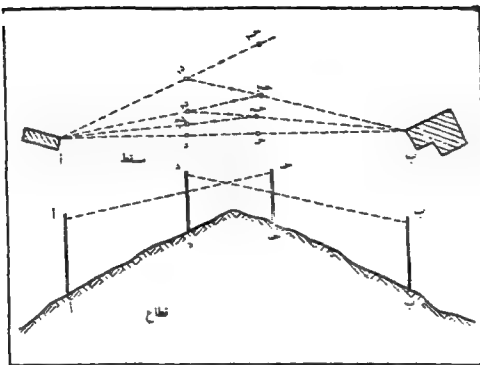
شكل رقم (١٥)

ثانياً - العائق يعترض التوجيه فقط:

١ - حالة تل مرتفع:

المطلوب فى هذه الحالة تعيين المسافة الأفقية بين أ ، ب . نطبق طريقة قياس خط طويل لا يمكن رؤية نهايته والسابق شرحها بالاستعانة بشخصين ومعهما شواخص مساعدة ج ، د فوق المرتفع شكل (١٦).

بعد جعل أ ، ب ، ج ، د على استقامة واحدة تقاس المسافات الجزئية أ د ، د ج ، ج ب كما قمنا على الأرضى المنحدرة سواء أكانت منتظمة أو غير منتظمة الإنحدار.



شكل رقم (١٦)

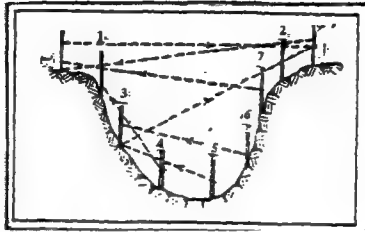
ب - حالة وجود منخفض:

إذا كان كل من طرفي الخط الواقع على حدود المنخفض شكل (١٧) لا يمكن منه رؤية هذا المنخفض فإنه تجري عملية توجيه الشواخص لتحديد جميع نقطة كما يلي:

١- في نقطتي أ ، ب نثبت شاخصين ونحدد موقعي شاخصين جديدين ١ ، ٢ على الخط أ ب (١ قريباً من ب ، ٢ قريباً من أ).

٢- نحدد مواقع شواخص جديدة في المنخفض بالاستعانة بالشواخص عند أ ، ب ، ١ ، ٢ مثل ٣ الواقع على امتداد (أ - ٢) ، ٤ الواقع على امتداد (١ - ٣) ، ... ٧ على امتداد (ب - ١).

٣- نقوم بقياس كل جزء من الخط على حدة.



شكل رقم (١٧)

ثالثاً- العائق يعترق القياس والتوجيه معاً:

١- طرفا الخط على جانبي العائق:

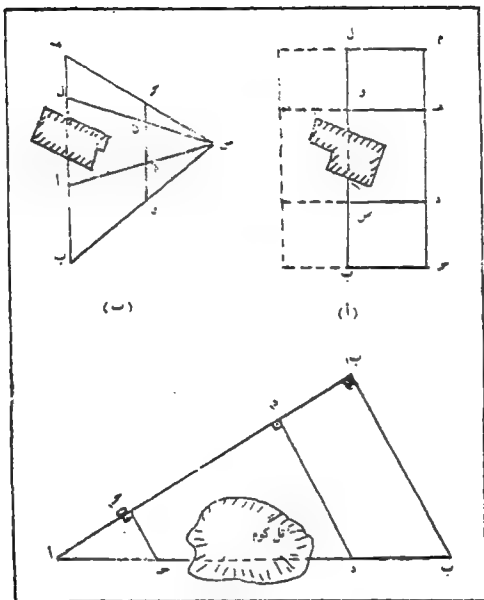
أ- قياس المسافة بين الطرفين:

هذه الحالة تتمثل غالباً عند وجود كوم من الحبوب أو الحديد مثلاً أو أى مرتفع لا يمكن الصعود فوقه مثل منطقة بها تشوين من الجير والرمل. من أن نعين خط مثل أ ب أقرب ما يكون إلى اتجاه الخط أ ب شكل (١٨). نقيس أ ب ونسقط عليه العمود ب ب من ب ونقيس طوله.

$$أ ب = \sqrt{٢(أ ب) + ٢(ب ب)}$$

ب- تحديد نقط على اتجاه الخط:

لتحديد نقط مثل ج ، د على أ ب ... شكل (١٨-أ) نأخذ أى نقطة على أ ب ١ مثل ج ١ ، نقيم منها عمود أ ١ ب ، ونأخذ عليه الطول ج ١ بحيث أن : ج ١ ج ١ = ج ١ ج ١ حيث المجهول هو ج ١ فقط . ويمكن بنفس الطريقة ب ب ١ = ب ب ١ تعيين أى نقطة أخرى مثل د .



شکل رقم (۱۸)

٢- مد خط طرفاه على جانب واحد من العائق،

والمطلوب مد الخط المعلوم ب س الذي يعترض امتداده عقبة مثل مباني.

١- شكل (١٨-أ) نقيم العمودين المتساويين ب ج من ب ، س د من س عى الخط ب س المطلوب مده خلال المباني ، مع ملاحظة أن تكون الأعمدة بعيدة عن المبني . نمد ج د على استقامته ثم نعين ه ، م على امتداده . نقيم العمودين ه و ، م ل بحيث يساوى كل منهما ب ج ، س د فيكون و ، ل على استقامة ب س ، ويكون ج ه = و ب للتحقيق يكرر العمل من الجهة الأخرى كما هو مبين بالخطوط المتقطعة.

٢- شكل (١٨-ب) - الخط المعلوم أ ب. نختار نقطة مناسبة مثل س ونقيس س أ ، س ب . نوقع و ، د على س ب ، س أ بحيث أن :

$$\frac{س د}{س أ} = \frac{س و}{س ب} = \text{مقدار ثابت} = ك$$

نمد و د ، ونختار عليه أى نقطتين مناسبتين مثل ن ، ج ، نقيس س ن ، س ج . نمد س ج إلى ه ، س ن إلى ل بحيث أن:

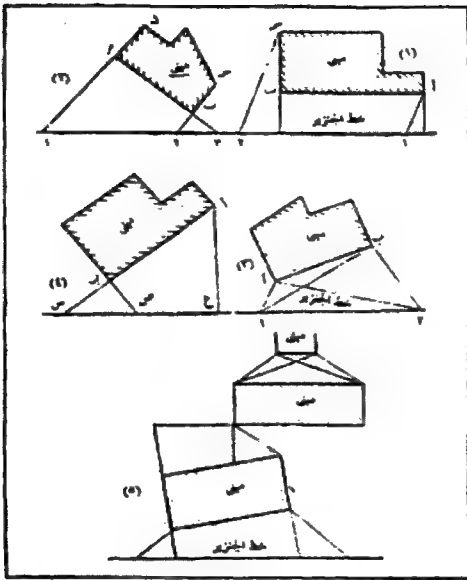
$$س ن : س ل = س ج : س ه = ك$$

$$\text{وبذا يكون الخط ه يعين ابتداء ب أ : وطول أ ب} = \frac{س د}{ك}$$

طرق رفع المباني،

تختلف طرق رفع المباني من مبني لآخر حسب ظروف كل مبني ، ولكن تشفق جميع الطرق فى قياس الأبعاد الخارجية للمبني إن أمكن ذلك. وفيما يلى بعض الحالات الخاصة:

١- إذا كان المبني مجاوراً لخط الجنزير وموازيًا له بالتقريب تتبع الطريقة العادية بإسقاط الأعمدة من النقطتين أ ، ب ثم يقاس البعدان (أ ١) ، (ج ٢) وذلك كنوع من التحقيق حيث (١) ، (٢) هما قراءتان صحيحتان على خط الجنزير. (يستحسن أن تكون إحدى علامات الجنزير) (شكل ١٩-١).



شكل رقم (١٩)

٢- إذا كان المبنى مائلاً بزاوية صغيرة على خط الجنزير (شكل ١٩-٢) بحيث يمكن قراءة تقاطع امتداد واجهة المبنى الطويلة مع خط الجنزير فإن مواقع تقاطع امتداد الواجهتين أ ب ، د أ ، ج ب تحدد مع خط الجنزير (النقط ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ على الترتيب) ثم يقاس البعد أ ١ ، ب ٢ والرباط ب ٣.

- ٣- كل مبنى يمكن رفعه بطريقة التحشية المثلثية، وتتلخص هذه الطريقة في قياس الأبعاد أ، ١، ب، ٢ كما هو مبين في شكل (١٩-٣) حيث ١، ٢ هما قراءتان صحيحتان على الجزير - بذلك يتحدد مكان الواجهة أ ب.
- ٤- إذا كان المبنى مائلاً بزاوية كبيرة على خط الجزير يحدد امتداد الواجهتين أ ب، ج ب مع خط الجزير ثم تقاس الأطوال ب س، ب ص والرباط أ ع العمودى على خط الجزير شكل (١٩-٤).
- ٥- يمكن رفع مبنى آخر سبق رفعه وذلك كما هو مبين بالشكل (١٩-٥).

الأخطاء في قياس الأطوال بالشريط أو الجزير وتصحيحاتها

فى أى أرصاد لا بد وأن توجد أخطاء فى قياس أطوال الخطوات نتيجة أسباب عديدة من القياس على أرض منحدره وترخيم الشريط أثناء القياس واختلاف طول الشريط عن الطول القياسى له والتغيير فى طول الشريط نتيجة اختلاف درجات حرارة الجو... الخ. ولذا يجب أن نجعل الخطأ لا يتعدى نسبة معينة. ونسبة الخطأ المسموح به تتوقف على طبيعة العمل والفرض المطلوب، ولذا يجب أن نعرف مصادر الأخطاء وكيفية حساب التصحيحات اللازمة لتلاقيها.

وأهم مصادر الأخطاء فى القياس بالجزير أو الشريط هى:

أولاً - طول الشريط أو الجزير غير مضبوط،

أى أن الطول الحقيقى لا يساوى الطول الاسمى وقد يكون أقل أو أكبر. ويرجع ذلك إلى أسباب عديدة منها اعرجاج بعض العقل أو فقدان بعض الحلقات، وإذا كان الجزير سليماً فيمكن مقارنته بالشريط الصلب أو التيل فأهم ما يؤثر على طوله اختلاف درجة الحرارة، ويجب معايرته من آن لآخر.

يصحح طول الخط كما يلى:

$$(١) \quad \frac{\text{الطول الحقيقي للخط}}{\text{الطول الخاطئ للخط}} = \frac{\text{الطول الحقيقي للجزير أو الشريط}}{\text{الطول الاسمي للجزير أو الشريط}}$$

مثال ١:

قيس خط بشريط ينقص طوله ١٠ سنتيمترات عن الطول الاسمي فكان طول الخط ١٩٨ متراً ما هو الطول الحقيقي للخط .

الطول الحقيقي = الطول الحقيقي للشريط = ٩٠ ر ١٩ والاسمي ٢٠ م .

$$\frac{١٩,٩}{٢٠} = \frac{س}{١٩٨}$$

$$س = \frac{١٩,٩ \times ١٩٨}{٢٠} = ١٩٧,٠١ \text{ متراً}$$

أما إذا استعمل الشريط أو الجزير لإيجاد المساحة بقياس جميع حدودها فإن:

$$(٢) \quad \frac{\text{المساحة الحقيقية}}{\text{المساحة الخاطئ}} = \frac{(\text{الطول الحقيقي للشريط})^2}{(\text{الطول الاسمي للشريط})^2}$$

مثال ٢:

قيست مساحة أرض بشريط يزيد عن طوله الاسمي بمقدار ١٠ سنتيمتراً فكانت مساحة الأرض - ٦٠٠٠ متر مربع فما المساحة الحقيقية؟

الحل

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{٦٠٠٠ \times (٢٠,١٠)^2}{(٢٠)^2} = ٦٠٦٠,١٥ \text{ متر}^2$$

مثال ٣:

يراد توقيع مسافة ٩٩٨ متراً بشريط طوله الاسمي ٢٠ متراً وطوله الحقيقي أقصر من الاسمي بمقدار ٤ سم . فما المسافة التي يلزم توقيعها بهذا الشريط.

الحل،

$$\text{المسافة المطلوبة} = \frac{20 \times 988}{19,96} = 1000 \text{ متر}$$

حالة استعمال شريطين مختلفين،

مثال ٤،

لإيجاد مساحة مستطيل قيس طوله بشريط من التيل طوله الاسمي ٢٠ متراً فكان ١٩٥ متراً وعند معايرة الشريط اتضح أن طوله الحقيقي ١٩,٤٠ متر وقيس عرض المستطيل بشريط آخر طوله الاسمي ٣٠ متراً فكان ١٦٠ متراً واتضح أيضاً أن طوله الحقيقي ٢٩٤٠ متر.
أوجد المساحة الحقيقية للمستطيل.

الحل،

$$\text{المساحة المقاسة} = 180 \times 225 = 40500 \text{ متراً}$$

ويمكن إيجاد المساحة الحقيقية من المعادلة التالية:

$$(3) \quad \frac{\text{المساحة المقاسة} \times \text{طول الشريط الاسمي الأول} \times \text{طول الشريط الاسمي الثاني}}{\text{المساحة الحقيقية} \times \text{طول الشريط الحقيقي الأول} \times \text{طول الشريط الحقيقي الثاني}}$$

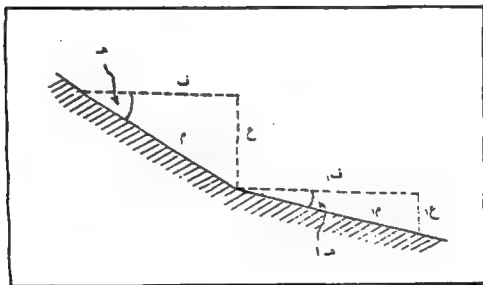
$$\frac{30 \times 20}{29,40 \times 19,40} = \frac{31200}{\text{المساحة الحقيقية}}$$
$$\frac{29,40 \times 19,40 \times 31200}{30 \times 20} = \text{المساحة الحقيقية}$$

$$2,29658,72 = \text{المساحة الحقيقية}$$

ثانياً ، الخطأ الناتج عن القياس على أرض منتظمة الانحدار،
عند القياس على أرض منحدر تقاس في العادة المسافة المائلة (م) وتحسب
المسافة الأفقية (ف) حسب الحالات الآتية:

١- بقياس البعد الرأسى بين طرفى الخط المائل المقاس ،
شكل (٢٠). ع^١ = البعد الرأسى بين طرفى الخط المائل ، ويقاس غالباً
بواسطة الميزانية ، ف = المسافة الأفقية ، م^٢ ع^٢ = (م - ح) ع^٢ .
ح = التصحيح الواجب طرحه من المسافة المائلة للحصول على المسافة
الأفقية.

$$\therefore \text{ح} = \text{م} - \left(\frac{\text{ع}^{\frac{1}{2}}}{\text{م}^{\frac{3}{2}}} - \frac{\text{ع}^{\frac{2}{2}}}{\text{م}^{\frac{2}{2}}} \right)$$



شكل رقم (٢٠)

(٤)

$$\frac{\text{ع}^{\frac{1}{2}}}{\text{م}^{\frac{3}{2}}} + \frac{\text{ع}^{\frac{2}{2}}}{\text{م}^{\frac{2}{2}}} = \text{ح}$$

ويكفي استعمال الحد الأول من المعادلة عندما تكون الدقة الكبيرة في العمل غير مطلوبة وجدول (١) يبين الحدود المسموح بها في أنواع العمل المختلفة:

جدول (١)

نوع العمل	خطئ ميل $\frac{ع}{م}$	الخطأ النسبي بين معادلة (٥) وطريقة فيثاغورث
المقاس بالجذب	١ : ٤	١ : ٢,٠٠٠
أعمال الترافرس	١ : ١٠	١ : ٨٠,٠٠٠
القياسات الدقيقة	١ : ٢٠	١ : ١,٠٠٠,٠٠٠

٢- بمعرفة درجة انحدار الأرض،

ودرجة الانحدار هي النسبة بين البعد الرأسى والمسافة الأفقية، فإذا فرضنا أن درجة الانحدار = ١ : ب (١ رأسى : ن أفقى) فإن التصحيح للمسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية يكون :

(٥)

$$ح = \frac{م}{٢ ن} = \frac{٢}{٢ ن}$$

ويطبق هذا القانون في الحدود التالية في جدول (٢):

جدول (٢)

أعمال القياس بالجذب	ن	لا تقل عن ٥
أعمال الترافرس	ن	لا تقل عن ١٢
القياسات الدقيقة	ن	لا تقل عن ٢٠

٢- يقياس زاوية ميل الأرض بين الأفقى و سطح الأرض:

الزاوية المعلومة هي (هـ) شكل (٢٠) وتقاس بأحد أجهزة قياس الميل مثل الكلينومتر أو الاكليمتر.

المسافة الأفقية ف = م جتا هـ ولكن يمكن اتباع طريقة تزيد الغرض في حدود الدقة المطلوبة. م = ف قا هـ .

$$ح = ف قا هـ - ف = ف \left(١ - \frac{١}{٢} هـ^٢ + \frac{١}{٢٤} هـ^٤ - \dots \right)$$

حيث هـ بالتقدير الدائرى . فإذا حولنا هـ بالدرجات واعتبرنا م = ف

$$\begin{aligned} ح &= ١٥٣.٠٠٠ م هـ^٢ \\ &= ١٥.٠٠٠ م هـ^٢ \text{ تقريباً} \end{aligned}$$

حيث هـ = زاوية الميل بالدرجات

وقد استنبط هذه المعادلة وج. كامبل بإيرلندا ، وهى تعطى نتائج كافية جداً من ناحية الدقة فى الحدود التالية فى جدول (٣).

جدول (٣)

حتى ٣	في القياسات الدقيقة
حتى ٦	في قياسات الترافرس
حتى ١٢	في القياس بانجنيزير

مثال :

م = ٢٠ هـ تساوى ١٠ ومرة أخرى تساوى ١٥ ومرة ثالثة ٢٠. أوجد ن بالطريقتين المضبوطة والتقريبية فى الحالات الثلاث:

م = ٢٠ هـ = ١٠	ن = ١٩,٧٠٠ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
	١٩,٦٩٦ =	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق = ٤ سم	

م = ٢٠ هـ = ١٥	ن = ١٩,٣٢٥ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
	١٩,٣١٧ =	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق = ٧ سم	
م = ٢٠ هـ = ٣٠	ن = ١٧,٢٢٠ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
	١٧,٢٠٠ =	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق = ٢٠ سم	

ويمكن للطالب أو المهندس أن يفرض مسافات وميول أخرى ويوجد الفرق فى الحالات المختلفة حتى يشعر بالناحية العملية ومدى المسموح به.

ثالثاً ، ترخيم الجنزير أو الشريط : (Sag)

عند معايرة الشريط يكون عادة مفروداً فوق سطح مستوى ولكن عند استعمال الشريط فى القياس قد يستدعي الأمر فى بعض الأحيان أن يكون الشريط محملاً من طرفيه وعلى هذا فإنه لا يكون مستقيماً كما كان فى حالة المعايرة بل يأخذ شكل قوس طوله هو طول الشريط (ل) أما المسافة الأفقية (ف) المطلوب إيجادها فهى المسافة بين نقطتى التعليق. والعلاقة التى تربط بين (ل) ، (ف) هى :

$$ف = ل - \frac{٨ \text{ ت } ٨}{٢ ل} - \frac{٣٢ \text{ ت } ٤}{٢ ل}$$

حيث $T =$ مقدار الترخيم الحادث في منتصف الشريط
ويذا يمكن حساب الخطأ الناتج من الترخيم من المعادلة:

$$(٧) \quad \frac{4T \times 32}{3J \times 15} + \frac{2T \times 8}{J \times 3} = F - L = C$$

الحد الثاني في الطرف الأيسر غالباً صغير جداً ويمكن إهماله.

مثال ١:

قيست مسافة بجنيزر طوله ٢٠ متراً وكان الانحناء في كل جنيزر ٤٠ سم عند المنتصف.

ما طول الخط الحقيقي إذا كان نتيجة القياس ٣٠٠ متراً؟

الحل:

$$\text{الخطأ في الجنيزر الواحد} = \frac{2(40) \times 8}{2000 \times 3} = 0.00267 \text{ م}$$

$$\text{طول الخط} = \frac{300}{2} = 150 \text{ جنيزر}$$

الخطأ في ١٥ جنيزر = $0.00267 \times 15 = 0.04005$ م

المسافة الأفقية الصحيحة = $300 - 0.04005 = 299.95995$ م.

مثال ٢:

ما المسافة الأفقية بين طرفي سلك طوله ٥٠٠ متراً إذا كان الانحناء عند المنتصف ٢٥ متراً باستعمال الحد الأول من المعادلة ثم باستعمال الحدين من هذه المعادلة.

الحل:

$$\frac{4T \times 32}{3J \times 15} + \frac{2T \times 8}{J \times 3} = C$$

$$٢,٤٠٠ = \dots + ٢,٢٢٢ = \frac{٤(٢٥) \times ٢٢}{٢(٥٠٠) \times ١٥} + \frac{٢(٢٥) \times ٨}{٥٠٠ \times ٢} =$$

المسافة الأفقية = ٥٠٠ - ٣٤٠٠ = ٤٩٦٠ م.

وبذا نرى أنه في حدود ما نقابله في حياتنا من الأعمال المساحية العادية يمكن إهمال الحد الثاني من المعادلة.

رابعاً - الخطأ في التوجيه:

ينتج عنه القياس في خط منكسر بدلاً من الخط المستقيم ، وبذلك نحصل على طول أكبر من الحقيقة ولا يجوز الانحراف أكثر من بضعة ستيمترات، لتلافي ذلك نستعمل إحدى آلات التوجيه البسيطة بدلاً من الاكتفاء بالتوجيه بالعين المجردة. ويمكن تصحيح الخطأ بالمعادلة $\frac{٤}{٢} \frac{٢}{م}$ حيث (ع) هنا تساوى مقدار الانحراف من الاتجاه الصحيح ، (م) الطول المقاس.

مثال:

قيس خط وكان به خطأ في التوجيه قدره ٥٠ سنتيمتراً ، ما الطول الحقيقي للخط إذا كان الطول المقاس = ٢٥ متراً.

احسب أيضاً الطول الحقيقي إذا كانت المسافة ١٠٠ متراً والخطأ متر واحد.

الحل:

$$٢٥٠٠٠ = \frac{٢(٠,٥)}{٢٥ \times ٢} = \frac{٤}{٢} \frac{٢}{م}$$

الطول الحقيقي للخط = ٢٥ - ٠,٥ = ٢٤,٩٩٥ متراً.

ويمكن للطالب أن يأخذ مقادير مختلفة من الخطأ في الترجيح وبحسبها بنفسه حتى يمكنه تقدير النتيجة من الخطأ.

خاصاً - الخطأ الناشئ من اختلاف درجة الحرارة عند القياس عن المعايير: وينتج عن هذا خطأ قد يكون بالزيادة أو النقص تبعاً للمعادلة.

(أ)

$$\alpha = \text{ح} \quad \text{ف} \quad (\text{د} - \text{د})$$

حيث :

$\text{د} =$ درجة الحرارة أثناء القياس .

$\text{د} =$ درجة حرارة الشريط عند معايرته.

$\alpha =$ معامل تمدد الشريط وهو يساوي 12×10^{-6} لكل درجة مئوية للشريط الصلب.

ولتقدير تأثير اختلاف درجة الحرارة فإن التصحيح اللازم نتيجة لاختلاف درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية لمسافة قدرها ٢٠٠ متر يساوي ٢ر٤ سم .

ولحساب التصحيح (ح) يتعين قياس درجة الحرارة أثناء القياس - إلا أنه يصعب عادة تعيين درجة حرارة الشريط نفسه، ويكتفى عادة بقياس درجة حرارة الجو. وتستعمل أشربة من الأنفار في القياسات التي تحتاج إلى دقة عالية حيث أن معامل تمدد الأنفار أقل كثيراً من معامل تمدد الصلب .
كذلك تجرى القياسات في الظل أو ليلاً .

مثال ١.

قيس خط أ ب ج د ه على أجزاء كما هو مبين في جدول (٤). أوجد الطول الحقيقي للخط إذا علم أن الطول الاسمي للشريط هو ١٠٠ قدم والطول الحقيقي ١٨٠ ر. ١٠٠ قدم ، ودرجة حرارة المعايرة ٦٨ ° ف.

جدول (٤)

جزء الخط	الطول	درجة الحرارة	فرق إرتفاع طريقي الخط	تصحیح الميل
أ ب	١٠٠	٧٢° ف	٢,٠ قدم	$\frac{٤,٠}{٢٠٠} = ٠,٠٢٠$
ب ج	١٠٠	٧٥°	٢,٥	$\frac{٦,٢٥}{٢٠٠} = ٠,٠٣١$
ج د	١٠٠	٨٠°	٠,٨	$\frac{٠,٦٤}{٢٠٠} = ٠,٠٠٣$
د هـ	٥٢,٧١	٨٠°	صفر	صفر
	٣٥٢,٧١	متوسط $\frac{٧٦ - ٦٨}{٨}$		$٠,٠٥٤ =$

$$\alpha = ٦٤٥ \times ١٠ \text{ لكل درجة ف.} \quad \text{٨ -}$$

ملحوظة:

من الناحية العملية فإن التصحيح لدرجة الحرارة لا يؤخذ كل جزء على حدة وإنما يؤخذ متوسط درجة الحرارة على طول الخط ولا يؤخذ كل جزء على حدة إلا إذا كانت فروقات درجات الحرارة كبيرة.

$$\text{تصحیح خطأ الشريط} = ٣٥٣ \times ٠,١٨ - ٠,٦٤ = +$$

$$\text{تصحیح درجة الحرارة} = ٣٥٢,٨٧١ \times ٠,٠٠٠٠٠٦٤٥ \times (٧٦ - ٦٨)$$

$$+ ٠,١٨ =$$

تصحیح الميل = - ۰.۵۴ و.

التصحیح الکلی = + ۰.۲۸ و.

الطول الصحیح = ۳۵۲.۷۱ + ۰.۲۸ و. = ۳۵۲.۷۴ قدم

نمثلة

مثال ۱:

قیس خط بین نقطتین علی مستوى إنحداره ۴:۱ فوجد أن طوله ۱۱۲.۲۵ متراً . وبعد إتمام القیاس اختبر الجنزیر فوجد أن طوله یشقص بمقدار ۰.۵۵ من العقلة. ما هو الطول الذی یعین به هذا الخط علی خريطة مرسومة بمقیاس رسم ۱:۵۰۰.

الحل:

مقدار الخطأ = ۲۰ × ۰.۵۵ = ۱۱ سم

طول الجنزیر الحقیقی = ۲۰۰ - ۱۱ = ۱۹۸.۹۹ متراً

طول الخط الحقیقی علی المائل = $\frac{۱۹.۸۹}{۲} \times ۱۱۲.۲۵ = ۱۱۱.۶۳$ م

الطول الأفقی للخط علی الخريطة

$$۱۱۱.۶۳ = \frac{۱}{۵۰۰} \times \left(\frac{۱}{۱۶ \times ۲} - ۱ \right) = ۲۱.۶۳۴ \text{ سم}$$

مثال ۲:

قیست مسافة بجنزیر فوجد أن طولها ۱۴۰ کم ثم اتضح بعد ذلك أن الجنزیر الذی استعمل فی القیاس غیر مضبوط فأعيد قیاسها بجنزیر آخر مضبوط ووجد أن طولها الصحیح ۱۳۸.۵ کم . ما مقدار الخطأ فی الجنزیر المستعمل وهل هذا الخطأ بالزائد أم بالنقص.

الحل:

$$\text{الخطأ فى طول المسافة} = ١٤٠٠٠ - ١٣٨٨٥ = ١١٥ \text{ ر. كيلومتر}$$

$$= ١١٥ \text{ متر}$$

$$\text{عدد الجنائز فى المسافة} = \frac{١٤٠٠}{٢٠} = ٧٠ \text{ جنزيراً}$$

$$\text{الخطأ فى طول الجنزير} = \frac{١١٠٥٠}{٧٠} = ١٦٥ \text{ ر. متراً}$$

الطول الحقيقى للجنزير المستعمل أولاً = $٢٠٠٠٠ - ١٦٥ = ١٩٨٣٥$ متراً وبذلك الجنزير أقصر من الطول الاسمى له.

مثال ٣:

قيست قطعة أرض بجنزير بنقص ١٢ سم فكانت مساحتها ٨ م^٢ ٢٠ ط ٤ ف أوجد المساحة الحقيقية لهذه القطعة بالأمتار المربعة الصحيحة.

الحل:

المساحة بالأمتار المربعة

$$= ٤ \times ٨٣,٨٣ + ٢٠ \times ١٧٥ + ٨ \times ٧٣ = ٢٠٣٥٩,٧٢ \text{ م}^٢$$

$$\text{المساحة الصحيحة} = ٢٠٣٥٩,٧٢ = \frac{٢(١٩,٨٨)}{٢(٢٠)} = ٢٠١١٦,٦ \text{ م}^٢$$

مثال ٤:

أثناء القياس على أرض منحدر كان الشريط العلوى أعلا من طرف الشريط السفلى بمقدار ٢٦ متر فى الشريط الأول ، ٢٤ متراً فى الشريط الثانى وفى الشريط الثالث كان القياس على المنحدر مباشرة وكان ميل الأرض ٤٢' ٤". ما طول المسافة بين النقطتين إذا علم أنه فى كل من الشريط الأول والثانى كان هناك

ترخيم في وسط الشريط قدره ١٢ سم . احسب المسافة إلى أقرب ملليمتر من هذه المعلومات بدون استعمال نظرية فيثاغورث أو الجداول الرياضية.

الحل:

$$\left(\frac{٤٢,٦}{٣٢٠ \times ٨} + \frac{٢٢,٦}{٢٠ \times ٢} \right) - ٢٠ = \text{المسافة الأفقية في الشريط الأول}$$

$$(\cdot, \cdot \cdot \cdot ٧ + \cdot, \cdot ١٦٩) - ٢٠ =$$

$$١٩,٨٣١ \text{ متراً}$$

وبلاحظ هنا أن الحد الثاني يمكن إهماله بحسابه ذهنياً

$$\left(\frac{٤٤,٢}{٣٢٠ \times ٨} + \frac{٢٤,٢}{٢٠ \times ٢} \right) - ٢٠ = \text{المسافة الأفقية في الشريط الثاني}$$

$$(\cdot, \cdot \cdot ٢ + \cdot, \cdot ٤٤١) - ٢٠ =$$

$$١٩,٥٥٩ =$$

والحد الثاني يمكن إهماله إلا إذا كانت المسافة بين الطرفين كبيرة تماماً .

المسافة الأفقية في الشريط الثالث = $٢٠ - ٠,٠٠١٥ \times ٢٠ \times (٤٧)$

$$= ٢٠ - ٠,٦٦ = ١٩,٣٤ \text{ م}$$

تأثير الترخيم في كل من الشريط الأول والثاني :

$$\frac{٤٢٢}{٣٢١٥} + \frac{٢٨}{٢٣} =$$

$$= \frac{2 \times 12 \times 8}{200 \times 3} = 0.19 \text{ سم} = 0.002 \text{ م}$$

(أهمل الحد الثاني لصغر الترخي).

طول الشريط الأول والثاني الأقبيين = $19831 - 0.002 = 19829$ م

$$= 19859 - 0.002 = 19857 \text{ م}$$

المسافة الأفقية لأقرب ملليمتر = $19830 + 19857 + 19844$

$$= 59321 \text{ م}$$

العمليات المساحية البسيطة

تشمل هذه العمليات طرق إسقاط وإقامة الأعمدة ، وبعض التطبيقات التي يستعمل فيها أدوات القياس الطولية فقط ، والأعمدة تقام أو تسقط على الخطوط إما بواسطة الشريط والجنزير أو بواسطة الأجهزة .

أولاً : الأعمدة بواسطة الشريط والجنزير :

١- إسقاط الأعمدة :

أ- هي حالة إمكان الوصول إلى النقطة :

١- طريقة أقصر بعد . نضع صفر الشريط على النقطة جـ المطلوب إسقاط العمود منها على خط الجنزير بـ هـ شكل (٢١) ونحرك الشريط على الجنزير حتى نحصل على أقل قراءة بين النقطة وخط الجنزير ، فتكون أقل قراءة هي أقصر بعد بين النقطة والجنزير أي العمود المطلوب .

٢- نضع صفر الشريط على جـ ونجزء من الشريط ، جـ كمركز قطع الجنزير في نقطتين مناسبتين مثل بـ هـ . ننتصف بـ هـ في د فيكون جـ د هو العمود المطلوب.

ب - في حالة عدم إمكان الوصول للنقطة،

١- نفرض أن ج هي النقطة التي لا يمكن الوصول إليها ، والمطلوب إسقاط العمود منها على أ ب . نبين د على الجزير والتي تمثل مسقط ج بالتقريب ثم نقيم منها عموداً بإحدى الطرق التي ستشرح فيما بعد فإذا مر العمود بنقطة ج كان د ١ ج هو العمود المطلوب، وإلا يكرر العمل من نقطة أخرى وهكذا حتى نصل إلى وضع مثل د يمر العمود منه بنقطة ج ، فتكون د هي مسقط العمود :

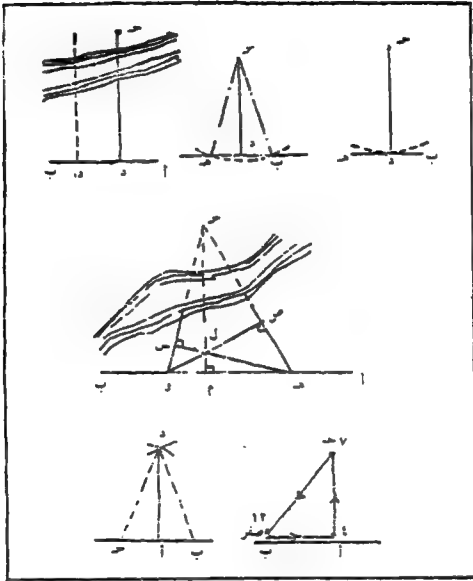
٢- نختار نقطتين مثل ه ، و على خط الجزير بحيث يكن رؤية جـ من كل منهما . نسقط من ه عمود هـ س على الاتجاه و جـ ، وكذلك العمود و ص من و على الاتجاه هـ جـ . نشد شريطاً في كل من اتجاهي العمودين في مكان تقاطعهما تقريباً فتتعين ب نقطة التقاطع . نتحرك على الجزير أ ب حتى نصل إلى وضع م يكون فيه جـ ، ل على استقامة واحدة فيكون جـ م هو العمود المطلوب لأن م هي ملتقى الأعمدة الساقطة من رؤوس المثلث . إذا وقعت س أو ص داخل العائق فيمكن تغيير موقع كل من ه ، و .

٢- إقامة الأعمدة:

١- طريقة مثلث ٥:٤:٣

المثلث الذي أضلاعه بهذه النسبة قائم الزاوية. يراد إقامة عمود على خط الجزير من نقطة أ . توضع علامة (٤ متر) على اتجاه الجزير حتى ينطبق (صفر - متر) على ب مثلاً . نفاك الشريط حتى علامة (١٢ متر) ونثبت هذه العلامة عند (صفر - متر) ، وبشركة عند (٧ متر) نشد الشريط فتتعين جـ ، ويكون جـ أ هو العمود المطلوب.

وهناك نسب أخرى تكون مثلثا قائم الزاوية أشهرها ٥ : ١٢ : ١٣ .



شكل رقم (٢١)

وعلى العموم يمكن عمل أي مثلث قائم إذا كانت نسبة الأخلاص كما يلي:

(٩)

$$(١ + ق) : ٢ ق (١ + ق) : ٢ ق (١ + ق) : ١ + (١ + ق)$$

٢- طريقة المثلث المتساوي الساقين:

نأخذ أى بعدين متساويين ومناسيين على جانبي أ في اتجاه الجزير وليكن البعدين أ ب ، أ ج . نركز في كل من ب ، ج . وننصفى قطرين متساويين نرسم قوسين يتقاطعان في د . نصل د أ فيكون هو العمود المطلوب شكل (٢١) .

ثانياً : الأعمدة بواسطة الأجهزة:

الأجهزة المستعملة في إقامة وإسقاط الأعمدة عبارة عن آلات من النوع البسيط رخيصة الثمن ويسهل حملها ولا تحتاج إلى ضبط وسريعة العمل بها وقد انتشر استعمالها على نطاق واسع في كل بلدان العالم تقريباً . وهذه هي:

أ- المثلث السباح (Cross Staff)

ب - المنشور المرئي (Prismatic Square)

١- المثلث السباح (The Cross Staff)

عبارة عن جهاز صغير يستعمل لإقامة الأعمدة وتوجيه الخطوط وعمل القطاعات ، إلا أنه ليس من الآلات الدقيقة التي يمكن الاعتماد عليها إذا أريد توقيع الأعمدة على درجة كبيرة من الدقة. وأهم أنواع المثلث السباح هي:

١- النوع البسيط أو الرأس المكشوفة: (Open Head)

يتركب من ساقين معدنيتين طرفا كل منهما يلتويان إلى أعلى على شكل زاوية قائمة شكل (٢٢) وفي وسط كل قائم شرخ رأسى ضيق يستعمل للرصد بحيث أن الخط الواصل بين كل شرخين متقابلين يمر بمركز الجهاز وعبارة عن خط نظر له ، وبذلك يكون خط النظر متعامدين.

٢- الرأس الاستطواني:

وهو عبارة عن أسطوانة مجوفة قائمة مقلطة من النحاس قطرها ٦ سم تقريباً وطولها ٧ أو ٨ سم ، في جدارها الجانبي أربعة شروخ رأسية ضيقة في اتجاهين متعامدين كما في النوع الأول. يضاف في بعض الأجهزة أربعة شروخ أخرى لتوقيع زوايا ٤٥° ، وهذه الشروخ أقصر قليلاً لتمييزها.

٣- الرأس المثلثية (Octagonal Head):

وهو أحدث أنواع المثلث المساح. عبارة عن منشور ثماني منتظم مجوف قطر ٧ سم وارتفاعه ٩ سم تقريباً . في كل من أربعة أوجه من جداره الجانبي شروخ رأسى ضيق يتصل بفتحة مستطيلة تسمى شبك بوسطها شعرة رأسية ، وكل شروخ يقابل شبك الوجه المقابل أما الأربعة وجوه الأخرى ففي كل منها شروخ رأسى فقط. وهذه الأوجه لتعيين زوايا ٤٥° ونظام الشرخ والشبك يساعد على رؤية الشواخص بسهولة لاتساع مجال الرؤية.

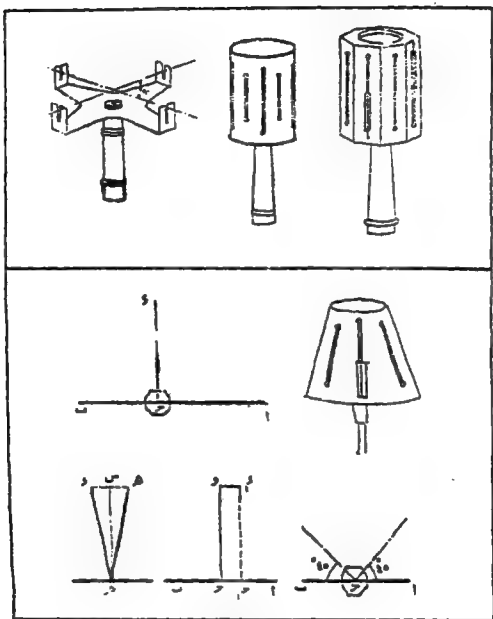
٤- الرأس المخروطى (Conical Head):

وهو على شكل المخروط الناقص قاعدته الصغرى إلى أعلا وفي جوانبه شروخ وفتحات كما في الرأس المثلثية تماماً شكل (٢١) وهو يمتاز على الأنواع السابقة بأنه عند الاستعمال يمكن توجيه خط النظر إلى أسفل أى إلى كعب الشاخص أو الشوكة.

والمثلث المساح يثبت على حامل ذى شعبة واحدة أو على حامل ذى ثلاث شعب ، وفي الحالة الأخيرة يستعمل ثقل الشاغل لعملية التسامت فوق النقطة في الطبيعة. ويزود بعض أنواع المثلث المساح بيوصل المثلث المساح ينتهى بقاعدة عبارة عن مخروط معدنى مجوف يسمح بدوران المثلث حول محور الرأسى على الحامل، ويثبت الجهاز على الحامل بواسطة القاعدة.

استعمال المثلث المساح:

يستعمل فى إقامة وإسقاط الأعمدة خصوصاً الأعمدة الطويلة التى لا يمكن الاعتماد فيها على النظر.



شكل رقم (٢٢)

١- تعيين الاتجاهات:

لوضع نقطة على اتجاه أ ب مثلاً ، نثبت شاخصاً في أ والجهاز فوق ب .
ونوجه شخص يشرك معه على هذا الاتجاه من الجهاز.

٢- إقامة الأعمدة،

يثبت الجهاز فوق النقطة المعلومة جـ على خط الجنزير شكل (٢٢) . ندير الجهاز حول محوره الرأسى حتى نرصد أ و ب ، وذلك بأن ننظر من أحد الشرخين على الشعرة المقابلة. نلف حول الجهاز بدون تحريكه وننظر من الناحية الأخرى فيجب أن نرى الشاخص فى أ ، وذلك للتحقق من وجود جـ فعلاً على الخط، ننظر من أحد الشرخين فى الاتجاه المتعاود مع اتجاه أ ب ، ونحرك شاخصاً فى الجهة المراد إقامة العمود فيها حتى نرصد فى د مثلاً ، يكون جـ د هو العمود المطلوب.

٣- إسقاط الأعمدة،

فى شكل (٢٢) يراد إسقاط العمود من د . نفرض أن جـ ١ هى المسقط التقريبى لنقطة د على الخط. نقف فى جـ ونقيم العمود جـ د ١ بالطريقة السابقة . نقيس د د ١ ونأخذ جـ جـ ١ = د د ١ . ننتقل إلى جـ ونقيم منها عموداً فلا بد أن يمر بالنقطة د وإلا فنكرر العملية حتى يستوفى هذا الشرط ويكون جـ د هو العمود المطلوب. يمكن إسقاط العمود كما فى الطريقة السابقة ولكن لا نأخذ جـ جـ ١ = د د ١ وإنما ننتقل على خط الجنزير ونقيم العمود حتى يمر بالنقطة د ، ويتم ذلك بالمحاولة.

٤- تعيين الزوايا ٤٥° ،

فى شكل (٢٢) نتبع ما سبق فى إقامة الأعمدة إلا أننا نستعمل الشروخ الجانبية بدلاً من الفتحات والشروخ الأصلية.
عيوب المثلث المساح،

١- لا يمكن ضبطه ، ولكن اكتشاف أى خطأ قد يكون موجوداً به فى تعامد خطى النظر ، وللحصول على زاوية قائمة صحيحة ، لو وجد هذا العيب ، فإننا نقيم أولاً العمود جـ هـ . يدار الجهاز ٩٠° ويقام عمود آخر مثل جـ د ، فإذا انطبق جـ د ، جـ هـ كان الجاز سليماً وإلا ينصف هـ د فى س ويكون جـ س هو العمود الصحيح.

٢- لا يمكن جعله أفقياً تماماً فالزاوية التى تقاس به ليس من المؤكد أن تكون فى المستوى الأفقى.

٣- المسافة بين كل شرخين متقابلين صغيرة فلا تساعد على تحديد الاتجاه بدقة.

ب - المنشور المرئى ، (The Prismatic Square)

المنشور المرئى أسرع وأحسن الأجهزة الصغيرة فى إقامة الأعمدة وهو عبارة عن جهاز صغير الحجم خفيف الوزن لا يحتاج إلى تحقيق بعد صناعته ، وبذا لا يضع الوقت فى ضبطه قبل العمل . والمنشور على أشكال مختلفة وإن كانت جميعها تتفق فى النظرية والغرض.

نظرية الجهاز:

إذا سقط شعاع من هدف أو شاخص (س) مثلاً على مرأتين بينهما زاوية أو على منشور ، وانعكس مرتين داخله فإن الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس منه تساوى ضعف الزاوية بين الوجهين الساقط عليه الشعاع الأول والمنعكس منه الشعاع الأخير. فإذا جعلنا الزاوية بين هذين الوجهين 45° فإن الزاوية بين الشعاعين تساوى زاوية قائمة . شكل (٢٣):

$$\text{الزاوية (١)} = 180^\circ - 2^\circ \text{ ب ، والزاوية (٢)} = 180^\circ - 2^\circ \text{ و}$$

$$\text{الزاوية ه} = 180^\circ - (180^\circ - 2^\circ \text{ ب}) - (180^\circ - 2^\circ \text{ و})$$

$$2^\circ \text{ (ب + و)} = 180^\circ$$

$$\text{ولكن ب + و} = 135^\circ$$

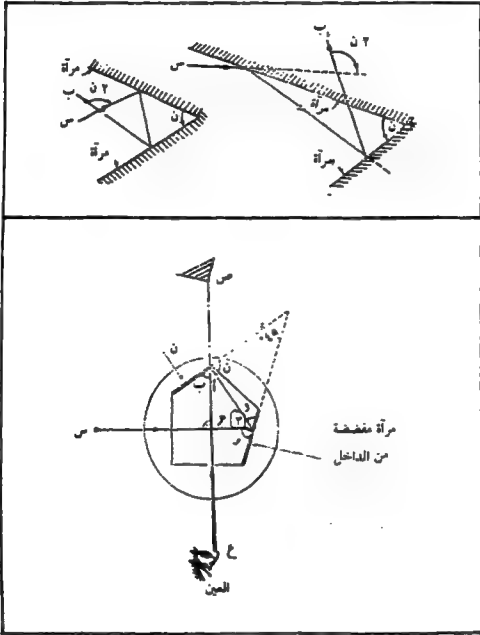
$$\therefore \text{الزاوية ه} = 180^\circ - 135^\circ \times 2 = 90^\circ$$

المنشور المرئى المعزود:

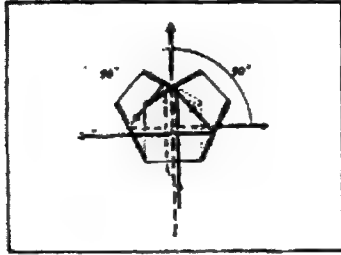
عبارة عن منشور زجاجى ذى خمسة أوجه، اثنان منها عبارة عن مرآة من السطح الداخلى والزاوية بينهما 45° . والعيوب الناتجة من المصنع فى هذه الزاوية يمكن إهمالها فى الأغراض التى يستعمل فيها الجهاز. والمنشور مثبت فى قاعدة مستديرة لها قائم أو يدلى منه خيط شاغول للتسمات . والمنشور يستعمل فى الأرضى المستوية فقط.

المنشور المرئى المزدوج:

عبارة عن منشورين مفردين أحدهما فوق الآخر كما سبق فى النوع الأول وفائدته أنه يمكن إقامة الأعمدة من الجانبين فى آن واحد بالنسبة لخط السير شكل (٢٤).



شكل رقم (٢٢)



شكل رقم (٢٤)

استعمال الجهاز:

١- إقامة الأعمدة: في شكل (٢٣) يقف الراصد بالجهاز فوق ه المراد إقامة العمود منها على الخط (ع ص) ونستعمل خط الشاغل للسمات أو بواسطة قضيب معدني. نجعل الجهاز أفقياً وننظر خلال الثقب (ق) الموجود في القائم حتى نرى الشاخص في ص (وهي عبارة عن ركن بناء) تحرك شاخص نرى من الناحية المراد إقامة عمود فيها حتى نرى صورته في المرآة (ب) والناجمة من انعكاسين ، تحت صورة ص الذي نراه من خلال الثقب. وبذلك يكون س ه عمودياً على ص ع .

٢- إسقاط عمود: بالمحاولة كما سبق.

تطبيقات على استعمال الشريط والجنزير

أولاً - عمل خط من نقطة مواز لخط آخر:

١- إذا أمكن الوصول إلى النقطة،

أ- في شكل (٢٥) نفرض أ ب هو خط السير والنقطة المطلوب رسم مواز

منها هي (هـ). نسط العمود هـ جـ من هـ ونقيس طوله. من نقطة د على بعد مناسب من جـ نقيم العمود د ويساري هـ جـ فيكون د هـ الموازي المطلوب.

لتحقيق العمل يحسن عمل عمود ثالث مثل ط ل ثم التأكد من أن و ، ل ، هـ على استقامة واحدة.

ب - في شكل (٢٥) نأخذ نقطتين جـ ، د على خط الجزير ونقيس أضلاع المثلث هـ جـ د ، نعين المثلث ل و س مثل المثلث هـ جـ د تماماً . نصل س هـ فيكون هو الموازي المطلوب. يحسن إسقاط العمودين هـ د ، س س١ ولتحقيق العمل يجب أن يكون هـ د = س س١.

ج - شكل (٢٥) نصل هـ بأى نقطة مثل ل على خط الجزير وننصف هـ ل في د . نأخذ أى نقطة مثل جـ على الجزير ونصل جـ د ونسده إلى و بحيث أن جـ د يساوي د و فيكون هـ و هو الموازي المطلوب.

٢- إذا لم يمكن الوصول إلى النقطة:

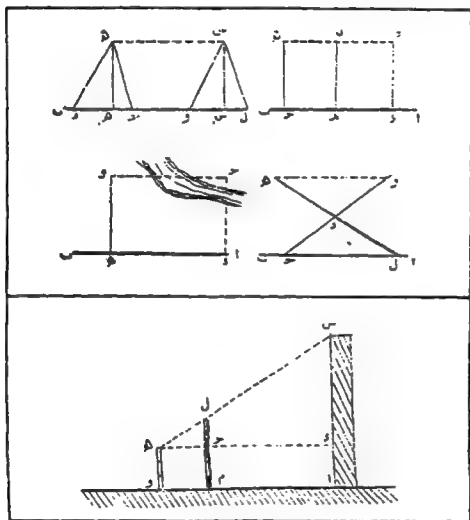
نفرض أنه يراد عمل الموازي جـ و من جـ التي لا يمكن الوصول إليها شكل (٢٥) نسط العمود جـ د بالطريقة السابق ذكرها في إسقاط عمود من نقطة لا يمكن الوصول إليها . نختار هـ على بعد مناسب من د ، ونقيم العمود هـ د = جـ د فيكون جـ د الموازي المطلوب . يمكن تعيين طول جـ د بإحدى طرق قياس عرض مجرى لا يمكن الدوران حوله.

ثانياً - إيجاد ارتفاع هدف:

١- عندما يمكن الوصول إلى قاعدة الهدف ولكن لا يمكن الوصول إلى قمته:

المطلوب تعيين ارتفاع المبنى أ س شكل (٢٥) . نثبت شاخص في م على بعد مناسب ، ونحرك شاخص أقصر من الأول في اتجاه أ م حتى نصل إلى وضع

مثل و تكون فيه هـ . ل . س على استقامة واحدة . نقيس المسافة م . م . أ
بالشرط . $\frac{ل ج}{س د} = \frac{هـ ج}{هـ د}$ ومنها يمكن إيجاد د س . بإضافة د أ الذي
يسارى طول الشاخص القصير إلى س د نحصل على ارتفاع الهدف.



شكل رقم (٢٥)

٢- عندما لا يمكن الوصول إلى قمة أو قاعدة الهدف:

١- في شكل (٢٦) نختار شاخصين أحدهما قصير والآخر طويل ونضعهما
على استقامة واحدة من الهدف وبعث أن قمتيهما (ق . ل) وقمة الهدف س تكون
على استقامة واحدة.

٢- نحرك الشاخصين إلى وضع آخر أبعد حتى تستوفى شرط أن $ق_١$ قسمة الشاخص القصير ، ل $ق_٢$ قمة الشاخص الطويل، من تكون على استقامة واحدة.

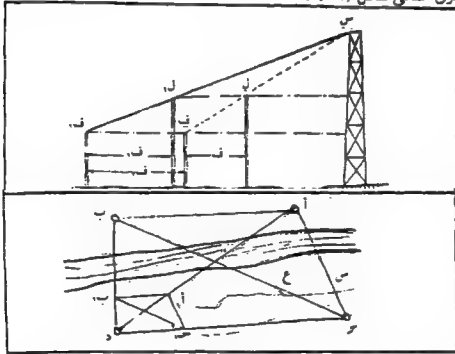
٣- نقيس المسافة بين شاخصين في الوضع الأول ولتكن $(ف)$ المسافة بين شاخصين في الوضع الثاني ولتكن $(ف_١)$ وكذلك المسافة بين الشاخصين القصيرين في الوضعين ولتكن $(ف_٢)$.

من تشابه المثلثات يمكن إيجاد ارتفاع الهدف من المعادلة التالية:

$$(١٠) \quad \frac{\text{الفرق بين طولي الشاخصين} \times (ف_٢)}{(ف - ف_١)} = \text{ارتفاع الهدف} + \text{طول الشاخص القصير}$$

ثالثاً - المسافة بين هدفين لا يمكن الوصول لهما:

١- نفرض أننا نريد إيجاد المسافة بين أ ، ب ولا يمكن الوصول إليهما لوجود المجرى المائي شكل (٢٦) .



شكل رقم (٢٦)

٢- نأخذ أى خط قاعدة مثل ج د ونقيس طوله بدقة . نختار جـ أى نقطة عليه ونرسم منها مواز للخط ج د الذى يعينه الشاخصان ج ، س نعين نقطة تقاطع الموازى مع الاتجاه أ د فى أ١ .

٣- من جـ نرسم موازى الخط ج ب الذى يعينه ج وشاخص آخر مثل ع على الاتجاه ب ج فيقطع هذا الموازى الاتجاه ب د فى ب١ . الشكل أ١ ج د ب١ يشابه الشكل أ ج د ب .

$$أ ب = أ١ ب١ \cdot \frac{ج د}{أ١ ج د}$$

مسائل

١- قيست قطعة أرض بجزير بنقص عقلة فكانت مساحتها ٥ س ٢١ ط ٢ ف فأوجد المساحة الحقيقية لهذه القطعة بالأمتار المربعة.

٢- قطعة أرض مستطيلة الشكل مرسومة على خريطة ١ : ٢٥٠٠ طول ضلعها ٨٠ سم ، ٦٤ سم - وكان الحد الأكبر يميل فى الطبيعة بمقدار ١٢° والحد الأصغر الفرق بين طرفيه ١٤ متراً - فما هى الأطوال الحقيقية فى الطبيعة مستعملاً الطريقة التقريبية ؟

٣- استعمل جزير فى قياس الخط أ ب فكان ضوله ١٢ طرحة ، ٤٥ عقلة ثم اتضح أن الجزير المستعمل تنقصه عقلتان - كما أنه عند توجيه الخط أ ب اتضح أن هناك خطأ فى التوجيه قيس عند نهاية الخط فكانت الزحرجة ٦٠ سم - فما هو مقدار الخطأ فى التوجيه ؟

٤- خريطة قيس منها ضلع قطعة مربعة على الخريطة ومعلوم أن مساحتها ١٦٨ فدان فكان طول الضلع ٣٤ر٢ سنتيمتر ثم قيس الضلع المجاور له فكان ٣٤ر٠ سم - وكان مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠ وقد علم أن المهندس عند توقيع أضلاع المربع وقع الأطوال على المائل - ما هى زاوية ميل الضلع الأول والفرق بين منسوبى طرفى الضلع الثانى مستعملاً القوانين التقريبية؟.

٥- منطقة مائية في الميناء مربعة الشكل ومحاطة على أضلاعها بأسلاك بتدلى منها الغام ، وكان طول كل سلك نصف كيلومتر ونتيجة لثقل الأنغام حدث ترخيم في السلك بلغ مدهاء في المنتصف من كل سلك قدره ١٨ متراً . ما مساحة القطعة المحاطة بالأنغام بالفدان . استعمل الحد الأول مرة ثم التحدين ولاحظ الفرق في المساحة بين النتيجتين والفرق النسبي بالنسبة للمساحة الكلية.

٦- قطعة أرض مثلثية الشكل - قيست قاعدتها بجنيزر طوله ٤٠ ر ٢٠ متراً فكانت ٦٢٤ متراً - وقيس الارتفاع على المائل فكانت ٣٢٣ متراً - بجنيزر طوله ١٩٥٠ متر - فإذا كان ميل الأرض الطبيعية في اتجاه ارتفاع المثلث $\frac{1}{8}$ وإن الجنيزر الاسمي في الحاليتين هو ٢٠ متراً - فأوجد المساحة الحقيقية للأرض بالهكتار.

٧- ما هي أقصى زاوية انحدار لسطح الأرض وكذلك أقصى انحدار لها يمكن معه إهماله واعتبار أن سطح الأرض أفقى بحيث لا يزيد الخطأ الناتج من ذلك عن ١ : ٤٠٠ .

٨- أوجد الطول المصحح لخط قيس بشريط طوله الإسمى ١٠٠ متر وطوله عند المعايرة ٩٩٩٩٢ متر عند درجة حرارة ١٥ °م وكان ذلك على أجزاء طولها ١٠٠ ، ١٠٠ ، ٦٨ ، ٥٢ متر ودرجات حرارة ٣٥ ° ، ٣٨ ° ، ٤٧ °م على الترتيب وفرق ارتفاع بين طرفي كل جزء ٢٢ ، ٣٨ ، ١٢ متر على الترتيب .

٩- خط طويل مكون من عدة انحدارات وكان الجزء الأول أ ب طوله على المائل ٢٨ متر وصيلة ١٢ ' ٢٤ ° والجزء الذي يليه ب ج وانحداره ١ : ٢٤ وطوله ٢٥٠ والجزء الذي يليه ١٥٠ متر وزاوية ميله ٣٤ ' ٨ ° . ما هي أسرع طريقة (الكن بدون تضحية للدقة المعقولة في سبيل السرعة) للحصول على طول هذا الخط على خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠ وذلك إلى أقرب رقم عشري واحد من المليمتر . وذلك أولاً في حالة القياس بالجنيزر.

ثانياً - في حالة القياس في أرض زراعية لتحديد مساحتها .

ثالثاً - في حالة القياس لخط في شبكة من القياسات الدقيقة.

١٠- قيس خط بين نقطتين على مستوى مائل وكان الميل منتظم بمقدار ١ : ٥ لمسافة ٣٠٠ متر ، ومقدار ١ : ٤ في ١٠٠ م تالية. وبعد إتمام القياس وجد أن

الجزير ينقص عن الحقيقة بمقدار نصف عقلة. ماهو الطول الذي يعين به هذا الخط على خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٤٠٠ مع استعمال القوانين التقريبية كلما تسنى ذلك ، المقصود بالميل هنا هو النسبة بين المسافة الرأسية والمسافة المائلة.

١١- أثناء إجراء القياس بين نقطتين يفصلهما مرتفع كان فى الصعود طرف الجزير الذى بيد القياس الخلفى أوطى من الطرف الآخر فى أول جزير بمقدار ٤٠م وفى نصف الجزير الذى يليه متر ونصف متر ثم فى نصف الجزير الذى يليه ٢٠م . وفى أثناء الهبوط كان ميل الجزير الأول على الأفقى ٤ر٥ وفى الجزير الذى يليه ٢٢ . ماهو الطول الذى يجب رسمه على خريطة بمقياس رسم ١ إلى ٢٥٠ ليشمل المسافة (إلى أقرب ملليمتر صحيح).

١٢- أثناء إجراء القياس بين نقطتين يفصلهما أرض مرتفعة كان فى الصعود طرف الجزير الذى بي القياس الخلفى أوطى من الطرف الآخر بمقدار ٤ر٥ م ، وفى الجزير التالى ٣ر٢ م. وفى الهبوط كان الفرق ١ر٦٠ م فى أول جزير ، ٨٥م فى الجزير التالى ، وفى آخر جزء منه وهو ١١ر٢ م كان الفرق ٢ر٦ م. ما هو الطول الذى يجب أن نرسمه على الخريطة لهذا الخط إذا كان مقياس الرسم ١:١٠٠.

١٣- قطعة أرض مساحتها ٧ س ١٧ ط ٢ م مرسومة على خريطة غير معين بها مقياس الرسم . فإذا قدرت هذه المساحة بأحد أجهزة قياس المساحات فكانت ١٨٢٩٦٩ س ٢ فأوجد مقياس رسم الخريطة

١٤- قيس مسافة بجزير طوله الاسمى ٢٠ متر وكان طولها ٤ جنازير بالإضافة إلى جزء أقل من جزير كامل طوله ١٢ر٤٥ متر - وبفحص الجزير وجد أنه ينقص عقلة بين المتر الثامن والعاشر فما هو الطول الحقيقى للمسافة.

١٥- قيس خط على المائل فكان = ٥١٠ متر ما هو أقصى فرق بين منسوبى طرفيه حتى يمكن اعتبار المسافة المائلة تساوى الأفقية بخطاً لا يتجاوز ١ : ٣٠٠ .

١٦- قاس مهندس أبعاد قطعة أرض على هيئة شبه منحرف لإيجاد مساحتها فكانت القاعدة العليا ٢٢٧ر٥ متراً والشريط المستعمل (٢٠ متراً) ينقصه ١

متر في نصفه الأول. قيست القاعدة السفلى فكانت ٤٦٨.٠٠ متر والجزير المستعمل (٢٠ متر) عقلاته متباعدة مما زادت في طوله بمقدار ٢٠ سم أما الارتفاع فكان ٤, ٤٠ متراً والجزير المستعمل (٣٠) متراً ينقصه ٧ من عقلاته. أوجد المساحة الصحيحة بالفدان والقيراط والسهم.

١٧- قطعة أرض مربعة الشكل طول كل ضلع على المائل ٤٠٠ متر. فإذا كان انحدار أ ب ، ج د هو ١ : ٢٧ أما انحدار كل من ب ج ، د أ فهو ١ : ٤ ما مساحة قطعة الأرض بالمتري المربع.

١٨ - أرض مربعة الشكل حسبت مساحتها بقياس أبعادها بجزير يزيد عن الطول القياسي بمقدار ١٠ سم ثم حسبت مساحتها مرة أخرى بقياس أبعادها بجزير يقل عن القياسي ١٠ سم فكان الفرق بين المساحتين ٦٠ متراً مربعاً . فما هي المساحة الحقيقية لقطعة الأرض؟

١٩ - قطعة أرض مثلثة الشكل أ ب ج قائمة الزاوية عند ب قيس الضلع أ ب فوجد عندما قيس على المنحدر = ١٢٠ متراً وزاوية ميله ٢٤° ٩' أما الضلع ب ج فكان طوله ٤٠٠ متراً والطرف ب أعلى من ج بمقدار ٧٠ متراً . ماهي مساحة القطعة أولاً : إذا كانت المساحة يراد إيجادها مبدئياً والقياس بالجزير ثانياً : إذا قيست مساحتها للبيع والشراء.

الباب الثالث

المساحة بالبوصله المنشورية

(Prismatic Compass Surveying)

المساحة بالبوصله المنشورية تعتبر من أنواع المساحة السريعة ولكنها ليست دقيقة ولذا لا تستعمل إلا فى الأعمال التمهيدية أو غير الدقيقة أو لتحقيق مبدئى سريع لمساحات سابقة. والعمل هنا يعتمد على إنشاء مضلعات فى المنطقة المراد رفعها تقاس أطوال أضلاعها بالجززير أو الشريط الصلب حسب دقة العمل وتعين الزوايا بين الأضلاع بقياس انحرافات هذه الأضلاع بواسطة البوصله المنشورية.

والبوصله المنشورية تعتمد فى تركيبها وعملها على أنه إذا وضعت إبره مغناطيسية حرة الحركة وغير متأثرة بعوامل مغناطيسية فإنها تتجه دائماً ناحية الشمال المغناطيسى.

تعريفه:

زاوية ميل الإبرة: (Dip Angle)

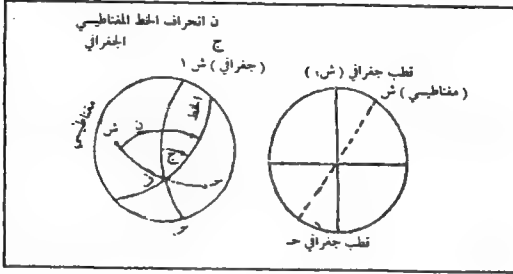
هى الزاوية الرأسية التى تميل بها الإبرة المغناطيسية ، وهى حرة الحركة ، عن المستوى الأفقى ، وفى نصف الكرة الشمالى تميل الإبرة إلى أسفل وفى نصف الكرة الجنوبى إلى أعلى ، وتختلف قيمة زاوية الميل من صفر° عند خط الاستواء إلى ٩٠° تقريباً عند القطبين ، وعند المنطقة القريبة من خط عرض ٧٠° شمالاً وخط طول ٩٦° غرباً تكون زاوية الميل ٩٠° لأن هذه هى منطقة القطب الشمالى المغناطيسى.

الشمال المغناطيسى: (Magnetic Meridian)

الشمال المغناطيسى عند نقطة ما ، هو الاتجاه الذى تعينه ليرة حرة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أى تأثير مغناطيسى محلى . ويمكن تعريفه أيضاً بأنه أثر تقاطع المستوى المار بنقطة مثل (ف) والقطبين المغناطيسيين للكرة شكل (٢٧) وهو غير ثابت للنقطة الواحدة بل متغير من عام لآخر.

الشمال الجغرافي: (Geographical or True Meridian)

يطلق عليه أيضاً الشمال الحقيقي . والشمال الجغرافي عند نقطة ما هو الخط المار بهذه النقطة وبالتطيين الجغرافيين الأرض شكل (٢٧) ويحدد بالأرصاد الفلكية واتجاهه ثابت لأي نقطة على الكرة الأرضية.



شكل رقم (٢٧)

الانحرافات: (Bearings)

يعرف انحراف أي خط بإحدى طريقتين:

١- الانحراف الدائري: (Circular Bearing)

الانحراف الدائري لخط هو الزاوية المقاسة من الشمال المغناطيسي ، في اتجاه عقرب الساعة، إلى الخط. وانحراف خط قد يأخذ أي قيمة بين صفر $^{\circ} 360$ شكل (٢٨) يمثل لنا انحراف خط في الأربعة أرباع المختلفة من الدائرة ، ويرمز للانحراف الدائري بالرمز (د). وإذا قلنا انحراف أ ب فمعناه انحراف الخط من أ إلى ب وإذا قلنا انحراف ب أ فمعناه انحراف الخط عند ب إلى أ وباختصار فإن اتجاه الشمال يرسم عند النقطة الأولى من تسمية الخط.

الانحراف المختصر أو الربع الدائري: (Reduced Bearing)

هو الزاوية الحادة بين الشمال أو الجنوب المغناطيسي وبين الخط أى تكون أقل من 90° ويجب أن يكمل تعريف الانحراف المختصر بذكر ربع الدائرة الواقع فيها الخط أى نذكر الزاوية الحادة ثم رمزي الربع شمالاً أو جنوباً ، وشرقاً أو غرباً، ويرمز للشمال بالحرف (ش) وللجنوب (ج) والشرق (ق) والغرب (غ). كل خط له انحراف دائري يمثل انحراف مختصر ويرمز له بالرمز (م). وفكرة استعمال الانحراف المختصر هو إيجاد زاوية لها نفس النسب المثلثية للانحراف الدائري قيمة وإشارة وإيجادها من الجدول.

وشكل (٢٨) يبين العلاقة بين الانحراف الدائري (د) والمختصر (م) للحالات الأربعة الممكنة لأي خط.

الانحراف الأمامي والخلفي:

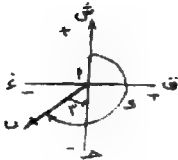
كل خط له انحرافان أمامي وخلفي فمثلاً الخط أ ب انحرافه هو (س) شكل (٢٩ - ١) ويقال إن انحراف أ ب عند أ هو الانحراف الأمامي . أما إذا قيس الانحراف عند ب وكان مقداره (ع) فإن هذه القيمة تسمى الانحراف الخلفي للخط (أى أن انحراف ب أ يعتبر انحراف خلفي للخط أ ب وبالعكس) ويجب أن يكون الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لأي خط 180° دائماً ما لم تؤثر عليه مؤثرات خارجية.

ويلزم الأمر فى بعض الأحيان إلى اتجاه ثابت افتراضى تقرن إليه انحرافات بعض الخطوط ويطلق عليها الشمال الافتراضى. والانحرافات المنسوبة لهذا الشمال تسمى الانحرافات الافتراضية وبعد إتمام العمل المساحي توجد العلاقة بين اتجاه الشمال المغناطيسى أو الجغرافى من ناحية الشمال الافتراضى.

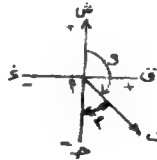
الخط أ ب انحرافه الدائرى (د)



الربع الأول، المختصر ش م ق



الربع الثالث، المختصر ج م غ



الربع الثاني، المختصر ج م ق



الربع الرابع، المختصر ش م غ

شكل رقم (٢٨)

زاوية الاختلاف

وهى الزاوية بين الشمال المغناطيسى والشمال الجغرافى فى تاريخ معين وتكون شرقاً إذا كان الشمال المغناطيسى شرق الشمال الجغرافى وغرباً إذا كان الشمال المغناطيسى غرب الشمال الجغرافى . وإذا فرض أن الخط أ ب انحرافه الجغرافى (ج) وانحرافه المغناطيسى (ن) وزاوية الاختلاف (ت) ، وتكون إشارة (ت) سالبة إذا كان الاختلاف غرباً وموجباً إذا كان شرقاً . والمعادلة التالية تبين العلاقة بين الانحرافين شكل (٢٩-٢) .

(١١)

الانحراف الجغرافى = الانحراف المغناطيسى \pm زاوية الاختلاف

تغيرات الشمال المغناطيسي:

أهم تغيرات الشمال المغناطيسي هي:

أ - التغير القرضي: (Secular Variation)

وهو عبارة عن التغير في زاوية الاختلاف المغناطيسي في المدى الطويل وتعتبر أكثر التغيرات أهمية نظراً لقيمتها وهي تزيد أو تنقص باستمرار في اتجاه واحد من سنة إلى أخرى بمعدلات متغيرة يمكن تحديد قيمتها المتوسطة بمقدار ٨ دقائق سنوية تقريباً بالرغم من بقاء هذه التغيرات وقلتها فإنها تسبب تغييراً محسوساً في اتجاه الشمال المغناطيسي لمكان ما.

ب - التغير اليومي: (Diurnal Variation)

تغيرات تصل إلى بضع دقائق في أثناء اليوم ، فحوالي الساعة ٨ صباحاً تصل الإبرة إلى أقصى انحراف لها نحو الشرق عن اتجاهها المتوسط ثم تبدأ في التناقص إلى الغرب حتى تصل إلى أقصى انحراف لها حوالي الساعة الواحدة مساءً وينطبق اتجاه الإبرة على الاتجاه المتوسط للشمال حوالي الساعة ١٠ صباحاً ويتكرر هذا التغير أيضاً حوالي الساعة ٧ مساءً.

جـ - التغيرات غير المنتظمة: (Irregular Variation)

وهذه نتيجة للزوايا المغناطيسية والزلازل والبراكين وقد تصل إلى درجة أو درجتين في بعض الأحيان.

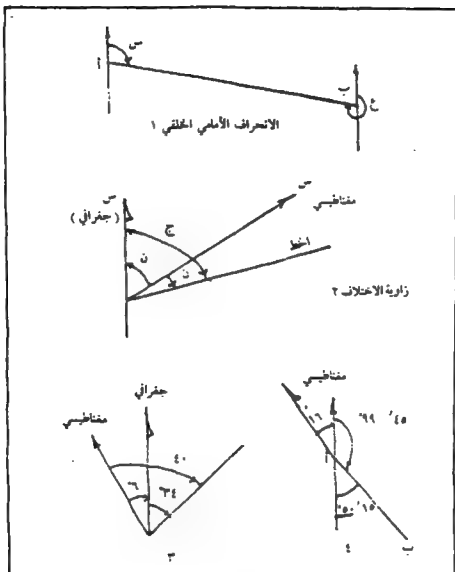
مثال ١،

انحراف خط أ ب المغناطيسي هو 40° وزاوية الاختلاف تساوي 6° غرباً - عين الانحراف الجغرافي له.

الحل:

$$\text{الانحراف الجغرافي} = 40^\circ - 6^\circ = 34^\circ.$$

ويمكن الاستعانة بالرسم في استنتاج الانحراف الجغرافي في شكل (٢٩ - ١٢).



شكل رقم (٢٩)

مثال ٢ :

رصد الانحراف المغناطيسي لخط أ ب سنة ١٨٦٠ فكان $٨٠^{\circ} ١٥'$ جنوب
وزاوية الاختلاف حينئذ ١٦° شرقاً . فإذا كان معدل التغير في زاوية الاختلاف
١٢ دقيقة غرباً فما الانحراف المغناطيسي للخط سنة ١٩٧٦ وما الانحراف
الجغرافي له.

الحل،

$$\begin{aligned}
 & \text{في شكل (٢٩ - ٤) الانحراف الدائري} \\
 & ٩٩'٤٥ = \\
 & ١٢' \times (١٩٧٦ - ١٨٦٠) = \text{مقدار التغير في زاوية الاختلاف في المدة كلها} \\
 & ٢٣'١٢ = \\
 & ٢٣'١٢ - ١٦' = \text{زاوية الاختلاف في سنة ١٩٧٦} \\
 & ٧'١٢ = \text{شرقاً} \\
 & ١٢'٧ = \text{غرباً} \\
 & ٩٩'٤٥ + ٢٣'١٢ = \text{الانحراف المغناطيسي للخط سنة ١٩٧٦} \\
 & ١٢٢'٥٧ = \\
 & ١٢٢'٥٧ - ٧'١٢ = \text{الانحراف الجغرافي للخط (ثابت)}
 \end{aligned}$$

مثال ٢،

فرض اتجاه شمال منحرفاً عن الاتجاه الجغرافي بمقدار ٣٧' غرباً وكانت زاوية الاختلاف في يونيو ١٩٥٥ هي ٢٧' ١٠' غرباً وكان معدل التغير في زاوية الاختلاف ١٠ دقيقة سنوياً شرقاً. فإذا كان الانحراف الافتراضي لخط أ ب هو ٢٢' ٦٢ فعين الانحراف المغناطيسي له في يناير ١٩٦٦.

الحل،

$$\begin{aligned}
 & \text{الانحراف الافتراضي للخط} \\
 & ٢٢' ٦٢ \\
 & \underline{- ٣٧'} \\
 & ٥٥' ٦١ \\
 & \text{الانحراف الجغرافي للخط} \\
 & ٢٧' ١٠ + \\
 & \underline{\hspace{1cm}}
 \end{aligned}$$

الاختلاف في يونيو ١٩٥٥

٧٢	٢٢	الاتحراف المغناطيسي للخط في يونيو ١٩٥٥
١	٤٥ =	التغير في المدة كلها ١٠.٥×١٠
٧٤	٧	الاتحراف المغناطيسي للخط في يناير ١٩٦٦ هو

المضلع أو الترافوس :

المضلع هو الشكل الكثير الأضلاع - ويتكون في علم المساحة من عدد غير ثابت من الخطوط المستقيمة المتصلة من أطرافها ببعضها وتحصر فيما بينها زوايا. وعادة نختار هذه الأضلاع بحيث تمر بحدود قطعة الأرض المطلوب عمل خريطة لها.

أنواع المضلعات:

١- **المضلع المغلق:** وهو الذي يعود إلى نقطة ابتدائه ويستعمل في رفع المستنقعات والمباني والقرى.

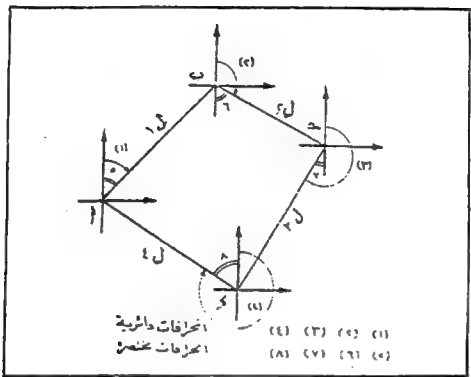
٢- **المضلع المفتوح:** وهو الذي لا ينتهي إلى النقطة التي ابتدأ منها ويستعمل في رفع المناطق الطويلة المستدة مثل الشواطئ والطرق وهو خارج نطاق هذا الباب.

وغالباً ما يسمى المضلع مقروناً باسم الجهاز المساحي الذي استخدم في رفعه حتى توقيعه على الخريطة ، فيقال ترافرس البوصلة أي المضلع أو الترافرس الذي استخدم في رفعه جهاز البوصلة المنشورية، وهناك ترافرس التيودوليت وهو مضلع أدق من سابقه ويستخدم جهاز التيودوليت في رفع نقطة من الطبيعة إلى الخريطة.

ولإنشاء المضلعات يلزم معرفة:

١- قياس أطوال الخطوط.

٢- قياس انحرافات الخطوط واستنتاج قيم الزوايا وشكل (٣٠) يوضع مضلع بوصلة أ ب ج د أ قيست فيه أطوال خطوطه وكذلك انحرافات الدائرية واستنتجت الانحرافات المختصرة لها.



شكل رقم (٢٠)

البوصلة المنشورية

(Prismatic Compass)

تعتبر البوصلة المنشورية من أحسن الأنواع ، وقد اخترعها الكابتن كاتر ١٨١٤ .

تركيب الجهاز:

تتركب البوصلة من الأجزاء الرئيسية الآتية شكل (٣١)

١- علبة مستديرة: من النحاس يتراوح قطرها بين ٦ ، ١٥ سنتيمتر مغطاة بقرص من الزجاج لمنع تسرب الأتربة والرطوبة إلى الداخل.

٣- سن مذهب : (٣) من العتيق الصلب وهو مركب فى مركز العبة (١)
ويستعمل السن كحامل للإبرة.

٤- منشور زجاجى: له ثلاثة أوجه (٥) مثبت فى غلاف بجانب العبة لقراءة تدريج الإطار، وتتم القراءة بشعاع يسقط من الإطار على السطح المائل للمنشور خلال الفتحة المستديرة الموجودة فى الوجه الأفقى ثم ينعكس أفقياً إلى العين خلال الفتحة المستديرة الموجودة تحت الفتحة (٦) والكتابة على الإطار مقلوبة حتى تقرأ معتدلة ويتصل المنشور بالعبة بمفصلة حتى يمكن طيه عند استعمال الجهاز.

٥- مسار لرفع المنشور أو خفضه: (٧) تبعاً لقوة إبطار الراصد حتى يمكن قراءة التدريج بوضوح.

٦- فتحة ضيقة فى الجانب الرأسى: من الغلاف المركب فيه المنشور للرصد منها.

٧- دليل: (٩) وهو عبارة عن إطار معدنى به شعرة رأسية (ش) وهو مقابل للمنشور أو الفتحة (٦) على الناحية الأخرى منها. وهو على هيئة شبك فى وسطه شعرة رأسية لتوجيهها إلى الهدف أثناء الرصد. والدليل متصل بالعبة بمفصلة ويحمل مرآة تنزلق على الدليل لرصد المرتفعات أو المنخفضات.

٨- زجاج ملون بجوار المنشور: لإضعاف الضوء عند الرصد على الشمس أو هدف لامع.

ويوجد عدا ذلك مسار صغير لتهدئة حركة الإبرة بواسطة ضغطه، فيضغط بدوره على ياب يضغط على الإطار الدائرى ويمنع اهتزاز الإبرة.

كذلك توجد أنواع حديثة منها ما هو مزود بمنظار كما فى البوصلة المصنوعة بواسطة شركة كيرن وأخرى مضاف إليها أجزاء إضافية كثيرة وعلى العموم هناك أشكال مختلفة كثيرة الآن. وتختلف أقسام التدريج فى البوصلة حسب دقتها وتراوح ما بين ١٠ دقائق و ٣٠ دقيقة .

مزايا البوصلة المنشورية:

١- بسيطة التركيب والعمل بها سهل . خفيفة الوزن مما يجعلها صالحة

للأعمال الاستكشافية والأغراض الحربية.

- ٢- الانحراف المقاس لأي خط مستقل عن انحراف أى خط آخر ، وبذا لا تتراكم الأخطاء ولا يؤثر الخطأ فى أى خط على الخطوط الأخرى.
- ٣- يمكن الحصول على انحراف أى خط بوضع البوصلة على أى نقطة فى الخط بشرط عدم وجود أى جاذبية محلية عند أحد طرفيه.

عيوب البوصلة:

- ١- قراءة البوصلة تقريبية إذ تقرأ لغاية ١٠ دقائق وأحياناً إلى نصف درجة ولذا فالعمل بها غير دقيق.
- ٢- غير قابلة للضبط وإن كان لها تحقيق.
- ٣- لا يمكن الرصد بها إلى مسافات بعيدة.
- ٤- تتأثر بالجاذبية المحلية.

تصحيح انحرافات الخطوط

بعد أن يتم قياس انحرافات خطوط المضلع يجب إجراء بعض التصحيحات لتقليل الأخطاء الناتجة عن :

- ١- التوجيه والقراءة.
- ٢- الجاذبية المحلية.

ومن هذه الدراسة يمكن أيضاً الحكم على دقة العمل الحقلى. ويتم التصحيح إما بطرق دقيقة أو بطرق تقريبية وذلك لكل من التوجيه والقراءة والجاذبية المحلية.

التصحيح بالطريقة التقريبية:

أولاً: التصحيح للتوجيه والقراءة (طريقة المتوسطات):

يحسب الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لكل خط ويقارن بالفرق النظري الراجب حدوثه وهو ١٨٠°، فإذا كان الخطأ في الفرق بين الانحرافات الأمامية والخلفية صغيراً في حدود بضع دقائق أو درجة على الأكثر ونتاجاً غالباً من الخطأ في الرصد أو التوجيه فيمكن تصحيح الانحرافات بطريقة المتوسطات وذلك بأخذ متوسط كل من الانحرافين الخاصين بكل خط . (انظر المثال التالي) أما إذا كانت الفروق أكبر من درجة فيكون التصحيح بطريقة الجاذبية المحلية التي ستذكر فيما بعد.

مثال:

في الجدول التالي مبين أرصاد لثرافرس مقفل أخذت بالبوصله المنشورية وكانت الأخطاء في الفروق لا تتجاوز (١°) وعليه التصحيح بطريقة المتوسطات.

جدول (٥) التصحيح بطريقة المتوسطات

الخط	الطول متر	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي	الفرق	أمامي مصحح
أ ب	٨٦	٠٥ ' ٦٢	٠٥ ' ٢٤٢	١٨٠ ' ٠٥	٢٤٢
ب ج	٣١	٤٤ ' ١٤٥	٤٤ ' ٣٢٦	١٨١ ' ٠٠	٣٢٦
ج د	٤٩	٣٠ ' ١٩٠	٣٠ ' ١١	١٧٩ ' ٠٠	١١
د هـ	٤٨	٣٤ ' ٢٤٦	٣٦ ' ٦٦	١٧٩ ' ٣٦	٦٦
هـ أ	٦٤	٤٥ ' ٣٢٣	١٥ ' ١٤٣	١٨٠ ' ٣٠	١٤٣

ملاحظات على الجدول:

١- الضلع أ ب لم تجر لانحرافاته أي تصحيحات لأن الفرق بين انحرافيه ١٨٠°.

٢- الضلعين ب ج ، هـ أ واللذين كان الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لكل منهما أكبر من ١٨٠° أجرى التصحيح بطرح نصف الفرق عن ١٨٠° من الانحراف الأكبر وإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° إلى الانحراف الأقل.

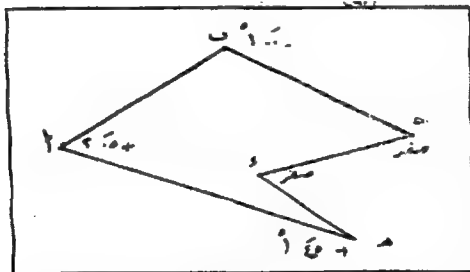
٣- للضلعين ج د ، د هـ حيث كان الفرق بين انحراف أضلاعهما الأمامي والخلفي أقل من ١٨٠° أجرى التصحيح بإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° إلى الانحرافات الأكبر وطرح نصف الفرق عن ١٨٠° من الانحرافات الأقل.

ثانياً ، التصحيح للجاذبية المحلية،

نتيجة لوجود الجاذبية المحلية فإن الانحرافات تحتوى على أخطاء . وكل انحراف مأخوذ من نقطة معينة يكون متأثراً بنفس قيمة الخطأ المتأثر بها الخطوط الأخرى المرصودة من نفس النقطة . ولإجراء تصحيح تأثير الجاذبية المحلية توجد حالتان.

أولاً ، حالة وجود خط أو أكثر غير متأثر بالجاذبية المحلية،

لإجراء التصحيح نبحث عن خط غير متأثر بالجاذبية المحلية ويكون الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي له ١٨٠° . نصح بعد ذلك الانحرافات التالية له . والمثال التالي يبين طريقة التصحيح.



شكل رقم (٣٣)

مثال :

أخذت الانحرافات التالية والمبينة في الجدول ببيوصلة منشورية في مضلع
مقلل أ ب ج د ه أ شكل (٣٣) والمطلوب تصحيح الانحرافات .

الحل:

١- في جدول (٦) أوجدنا الانحرافات الخلفية والأمامية والفروق بينهما
فوجدنا أن ج د غير متأثر بالجاذبية لأن الفرق بين انحرافية ١٨٠' ، ولذا نبدأ
التصحيح من أحلى نهايته لأن الانحرافات عند د صحيحة . ولذا فإن الانحراف
الخلفي للخط ب ج صحيح والانحراف الأمامي للخط د ه صحيح ، وبصفة عامة
تكون الانحرافات المرصودة من ج د صحيحة سواء رصدت إلى نقط المضلع نفسه
أو إلى غيرها.

٢- نبدأ التصحيح من د في اتجاه عقرب الساعة مثلاً . حيث أن الانحراف
الأمامي للخط د ه صحيح وهو ٢٦٨" فإن الانحراف الخلفي له يجب أن يكون
٨٨" (جدول ٦) ، ولكن الانحراف الخلفي المرصود من ه هو ١٥' ٨٦" ، ولذا
فإن هذا الانحراف به خطأ قدره (-٤٥' ١٦") ويكون هذا الخطأ عبارة عن
التصحيح الواجب إضافته إلى الانحراف الخلفي للخط د ه ليكون صحيحاً ،
ويضاف أيضاً علي كافة الانحرافات المرصودة من ه . ولذا فإن الانحراف الأمامي
الصحيح للخط ه أ يجب أن يزيد ١' ٤٥" فتصبح (١٢' ٣١٦" + ١' ٤٥" = ١٣' ٣١٧").

٣- الانحراف الخلفي الصحيح للخط ه أ يجب أن يكون ١٣٧' ٥٧" ولكنه
رصد ١٣٥' ٥٢" أي خطأ قدره (-٢' ٠٥") وبصبح الانحراف الأمامي الصحيح
للخط أ ب هو (١١' ٤٢" + ٢' ٠٥" = ١٦' ٤٤") . وبصبح الانحراف ب أ =
١٦' ٢٢٤" .

٤- الانحراف المرصود أ ب هو ١٦' ٢٢٥" أي به خطأ قدره ١" فيجب أن
تنقص الانحرافات المأخوذة من ب بهذا المقدار فيصبح الانحراف ب ج = ٣٠'
٢٨٤" وهذا يتفق مع الانحراف الخلفي المرصود له من ج الذي تتعدم فيها
الجاذبية المحلية.

٥- وإذا فرض أن انحراف ب ج لم يتفق مع ج ب وكان الفرق بسيطاً فيمكن
أخذ المتوسط بينهما (انظر طريقة المتوسطات).

جدول رقم (٦)

التصحيح المكتبي				ارصاد الربط			
الفرق	الانحرافات المصححة		الفرق	الانحرافات المرصودة		الطول	الخط
	خلفي	أمامي		خلفي	أمامي		
١٨٠	٢٢٤ '١٦	٤٤ '١٦	١٨٣ ٠٥	٢٢٥ '١٦	٤٢ '١١	١١٤	أ ب
١٨٠	٢٨٤ ٣٠	١٠٤ ٣٠	١٧٩ ٠٠	٢٨٤ ٣٠	١٠٥ ٣٠	١٢٥	ب ج
١٨٠	١١ ٠٤	١٩١ ٠٤	١٨٠ ٠٠	١١ ٠٤	١٩١ ٠٤	١٠٤	ج د
١٨٠	٨٨ ٠٠	٢٦٨ ٠٠	٠٨١ ٤٥	٨٦ ١٥	٢٦٨ ٠٠	١٢٦	د هـ
١٨٠	١٣٧ ٥٧	٣١٧ ٥٧	١٨٠ ٢٠	١٣٥ ٥٢	٣١٦ ١٢	٨٨	هـ أ

ثانياً - حالة عدم وجود خط خال من الجاذبية المحلية:

فى هذه الحالة نبحث عن الخط الذى به أصغر مقدار من الخطأ فى الفرق بين انحرافية الأمامى والخلفى قمثلاً فى المثال السابق إذا كان الانحراف الأمامى للخط ج د = $10.9' - 0.4'$ والخلفى $28' - 4.8'$ فالفرق بينهما يساوى $18.0' - 16'$ وهو أقل فرق بين انحرافات الخطوط، ويكون الانحراف الأمامى المتوسط والخلفى المتوسط هما $20.8' - 0.8'$ ، $28' - 5.6'$ (فحسب المتوسط بطرح $18.0'$ من الأكبر ثم نأخذ المتوسط) وهذان الانحرافات هما أساس التصحيح . ويكون تأثير الجاذبية عند ج = $8' -$ وعند د = $8' +$ أى أن الانحرافات عند ج ، د تصحح بهذا المقدار ، ثم نستمر كما فى المثال.

بعد استبعاد تأثير الجاذبية تبقى الأخطاء الآلية وأخطاء الرصد وهذه يجب العناية فى تلاقيها بقدر الأمكان .

استعمالات البوصلة

أولاً - رفع منطقة:

تستعمل البوصلة بأنواعها المختلفة وبصفة خاصة المنشورية فى الرقع فتحات المنطقة بمضلع نحدد اتجاهات أضلاعه بالبوصلة وبالتالى زواياه ، ثم نحشى التفاصيل على خطوط المضلع. ولرصد انحرافات المضلع وليكن أ ب ج د هـ وشكل (٣٤) تتبع ما يلى:

١- نضع الجهاز فوق أ تماماً بواسطة خيط شاغول يعلق فى الحامل عند مركز العلية.

٢- تجعل البوصلة أفقية بالنظر أو بواسطة ميزان التسوية مع استعمال الرأس الروحية الموجودة برأس الحامل لهذا الغرض.

٣- نوجه الدليل نحو الشاخص الموضوع فى (و) بحيث تكون الفتحة الرأسية فى المنشور الثلاثى والشعرة الرأسية فى الدليل والشاخص على استقامة واحدة مع ملاحظة أن يكون الرصد على كعب الشاخص ، ثم ننظر فى فتحة المنشور ، عندما تثبت الإبرة ومعها الإطار نلاحظ أن الشعرة وتدرج الإطار يمكن رؤيتها معاً فى

وقت واحد. عندئذ نعين القراءة المنطبقة على شعرة الدليل فنحصل على انحراف أ.و.

٤- نوجه الجهاز إلى ب ونرصد انحراف أ ب بالطريقة السابقة.

٥- ننقل الجهاز إلى ب ونكرر ما سبق فنرصد أ فيتعين الانحراف الخلفي أ ب ثم نرصد ج فيتعين انحراف ب ج .

٦- ننقل الجهاز إلى باقى النقط الواحدة تلو الأخرى ونعين الانحرافات الأمامية والخلفية لباقى خطوط المضلع ، وعندما نصل إلى و ونرصد أ ونقرأ الانحراف الأمامى للخط و أ . بهذا يتم رصد انحرافات خطوط المضلع التى تقاس أطوالها أثناء الانتقال من نقطة إلى أخرى.

٧- ندون الانحرافات المرصودة فى جدول كالسابق.

٨- تؤخذ انحرافات النقط الخاصة بالتفاصيل وتوضع فى الجدول لحين توقيع المضلع والتفاصيل.

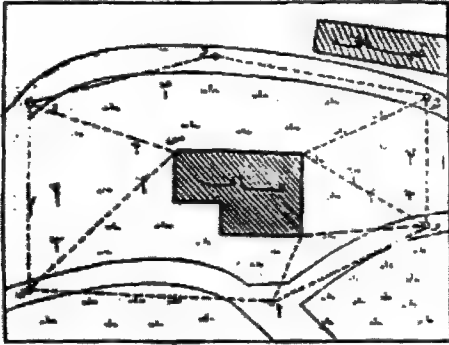
٩- فى حالة عمل مساحة لطريق تشكل نقط المضلع أولاً بأول وتقاس الانحرافات الأمامية والخلفية وأطوال الخطوط وترفع على كل خط التفاصيل كما فى التحشية ، أما النقط البعيدة فتؤخذ لكل منها انحرافان من نقطتين مختلفتين كما فى شكل (٣٤ ، ٣٥).

ثانياً - تعيين مكان الراصد على الخريطة أو إضافة تفاصيل على الخريطة ليست موجودة بها:

١- طريقة التقاطع:

نفرض أن شخصاً يريد أن يعين موقع مكانه على الخريطة التى يحملها يختار ظاهرتين فى الطبيعة ، ويتبين من موقعه ومن جردتين على الخريطة التى لديه ولتكن هاتان الظاهرتان أ ، ب شكل (٣٦) فيقف الراصد عند الظاهرة الأولى أ ويرصد انحراف المكان المطلوب تعيينه وليكن ج ، ينتقل الراصد إلى مكان الظاهرة الثانية ب ويرصد منها انحراف ب ج ويسجل القراءتين وهما يمثلان

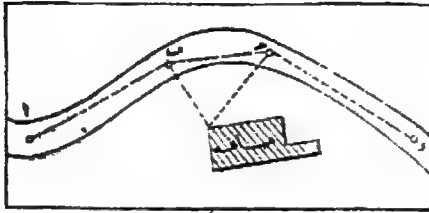
انحرافي جـ من أ ، ب تم يرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المغناطيسي ويمر بالنقطة أ ، وآخر موازياً له يمر بالنقطة ب . نعين الانحرافين السابق رصدتهما من الطبيعة بواسطة المتقلة ونرسم خطين يمثلان الانحرافين قبتقاطعان في ج المطلوب تحديدها بنفس الطريقة يمكن إضافة تفصيلات على الخريطة ليست مرجودة ونوقعها عليها.



شكل رقم (٢٤)

٢- طريقة التقطاع المكسي:

تتميز هذه الطريقة عن السابقة بأن الراصد ينتقل إلى مكان الظواهر الثابتة المرقعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد من النقطة التي يريد تحديدها على الخريطة ففي شكل (٣٧) نفرض أن أ هي المكان المطلوب تحديده على الخريطة وأن الظواهر الثابتة المرقعة على الخريطة هي ب ، ج ، د . والأفضل أن نختار أكثر من ظاهرتين لتحقيق العمل . ويثبت الراصد البوصلة في أ ويرصد منها انحرافات ب ، ج ، د . ويرسم على الخريطة ثلاثة خطوط متوازية تمر بالنقط ب ، ج ، د تمثل اتجاه الشمال المغناطيسي . من هذه النقط الثلاث نرسم



شكل رقم (٢٥)

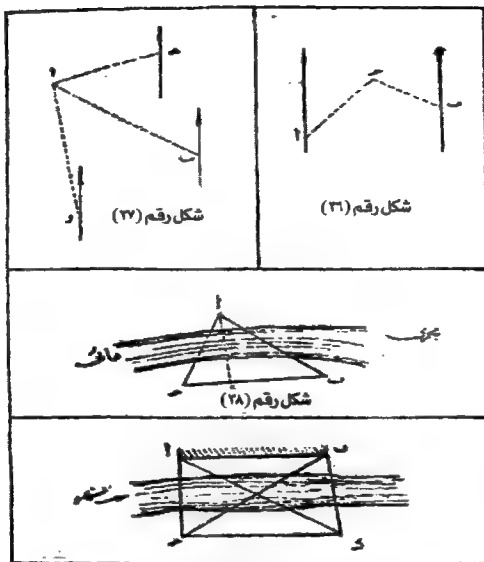
الانحرافات الخلفية للانحرافات الأمامية التي رصدناها من أ ، فمثلاً إذا كان انحراف أ ب = ١٣٠° فإننا نرسم بالمنقلة انحرافاً قدره ٣١٠° من ب وهكذا للنقط الأخرى. وإذا كان الرصد دقيقاً فإن الخطوط الثلاثة تتلاقى فى نقطة واحدة هى الظاهرة المطلوب توقيعها على الخريطة وإلا يحقق العمل بأرصاد أكثر من ذلك.

ثالثاً - إيجاد عرض مجرى مائى:

لأيجاد اتساع مجرى مائى شكل (٣٨) نختار ظاهرة واضحة على الضفة المقابلة ولتكن عموداً أو شجرة ونفرض أنها نقطة أ . نختار نقطتين على الضفة التى سوف يتم الرصد عليها مثل ب ج . نرصد انحرافى ب أ ، أ ج ونقيس ب ج. نرسم على لوحة الخط ب ج بمقياس رسم مناسب ونوقع خط الشمالى المغناطيسى عند كل من ب ، ج . نرسم بالمنقلة الانحرافين ب أ ، ج أ فيلتقى هذان الانحرافان فى أ. نسقط من أ عموداً على القاعدة ب ج فيكون أ د هو عرض المجرى. ويجب أن يقاس انحراف ب ج أيضاً حتى يمكن رسم اتجاه الشمال بالنسبة له.

رابعاً - إيجاد البعد بين هدفين دون الوصول إليهما:

يراد إيجاد البعد أ ب ولكن لا يمكن الوصول إلى أ أو ب شكل (٣٩) ، نختار



شكل رقم (٢٩)

نقطتين آخرين مثل ج ، د . من ج نرصد انحرافى أ ، ب من د . نرصد انحرافات د ب ، د أ ، د ج . نقيس المسافة ج د بالشريط .

من ج نرسم اتجاه الشمال ونرسم الخط ج د بمعرفة انحرافه على لوحة رسم بمقياس رسم مناسب . نرسم ج أ ، ج ب ، ومن د نرسم انحراف د أ ، د ب فيتقاطع ج أ ، د أ ، فى أ ، ج ب ، د ب فى ب . نصل أ ب فيكون هو الطول المطلوب بمقياس الرسم .

طرق رسم المضلع

توجد عدة طرق لرسم المضلع وقيما يلي أهمها:

١- توقيع الخطوط بالمنتقلة بواسطة انحرافاتهما،

نفرض أننا نريد توقيع المضلع السابق تصحيحه فنبتدئ من أ مثلاً ونرسم خط الشمال عندها ثم نرسم خطاً يمثل انحراف أ ب شكل (٤٠) نوقع عليه الطول أ ب بمقياس الرسم فتتعين ب ، من ب نرسم اتجاه الشمال ثم نعين اتجاه ب ج بتوقيع انحرافه، ونأخذ عليه الطول ب ج بمقياس الرسم وهكذا نكرر العملية حتى نوقع جميع الخطوط وهي طريقة غير دقيقة على الإطلاق.

٢- توقيع الخطوط بالزوايا الداخلية للمضلع،

تحسب الزوايا الداخلية بين الخطوط بعد تصحيح الانحرافات ثم نوقع خطاً بعد آخر بالمنطقة . وهي كسابتها غير دقيقة لاستعمالنا المنتقلة في التوقيع.

٣- طريقة الظلال،

هذه الطريقة أدق من الطريقتين السابقتين خاصة أننا لا يمكننا أن نوقع الزوايا بالمنتقلة إلا في حدود ٢٠ أو ٣٠ دقيقة. تتلخص هذه الطريقة في إيجاد ظلال الانحرافات المختصرة أولاً ، ثم نبتدئ بنقطة مثل أ ونرسم اتجاه الشمال عندها شكل (٤٠) ونفرض أن الانحراف المختصر للخط أ ب = ٧٥٠٠ ر. والخط (ش ق) فنأخذ على الرأسى في الربع الخاص بالخط ١٠ سم ، وعلى الأفقى ٧٥ في نفس الربع فتتعين نقطة مثل ع تحدد اتجاه أ ب (قد نأخذ ربع المقادير كما في الشكل) نأخذ على اتجاه أ ع طول أ ب بمقياس الرسم فتتعين ب . نرسم اتجاه الشمال عند ب ونوقع ظل الزاوية في الربع الخاص بها لتعين اتجاه ب ج . الشكل مرسوم على أساس أن ظا انحراف أ ب = ٨٧٧٣ ر. (ش ق) ، ظا انحراف ب ج = ١٦٨٦ ر. (ج ق) ، ظا انحراف ج د = ٣٢٩٤ ر (ج د) ، ظا انحراف أ د = ٧٤٠٠ ر. (ش غ) أما أطوال الخطوط فهي أ ب = ٨٦ متراً ، ب ج = ٤٦ متراً ، ج د = ٤٨ متراً ، أ د = ٥٤ متراً.

٤- طريقة المركبات:

لكي يكون المضلع المقلد صحيحاً يجب أن يتحقق الشرطين التاليين:

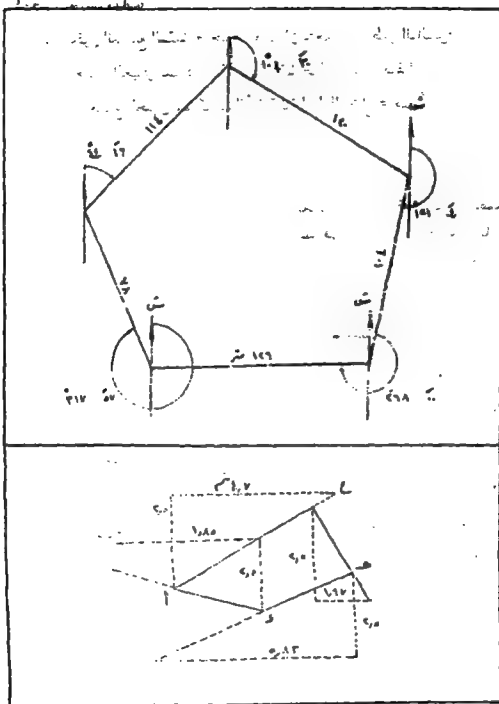
أ- المجموع الجبري للمركبات الرأسية لخطوط المضلع = صفراً.

ب - المجموع الجبري للمركبات الأفقية لخطوط المضلع = صفراً.

المركبات:

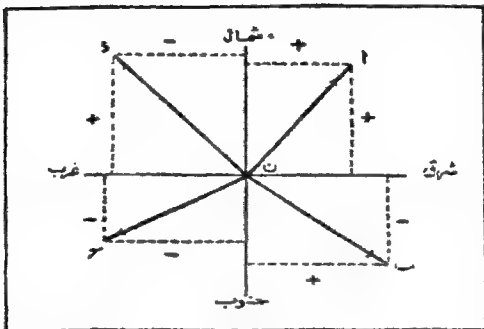
كل خط في المضلع له مستطان بالنسبة لاتجاه الشمال المغناطيسي أحدهما يوازي اتجاه الشمال ويعرف بالمركبة الرأسية كما في شكل (٤١) وتختلف إشارة الاحداثيات باختلاف ربع الدائرة الذي يقع فيه الضلع كما هو مبين في الجدول.

الخط	الربع	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
١	الأول	+	+
٢	الثاني	-	+
٣	الثالث	-	-
٤	الرابع	+	-



شكل رقم (٤٠)

أما قيمة المركبات فتتوقف على طول الضلع وزاوية انحرافه (أو انحرافه المختصر).



شكل رقم (٤١)

- (١٢) طول المركبة الرأسية = طول الضلع x جتا (زاوية الانحراف المختصر)
 طول المركبة الأفقية = طول الضلع x جا (زاوية الانحراف المختصر)

وإذا كان مجموع المركبات الرأسية المرجبة لا يساوى مجموع المركبات الرأسية السالبة، وبالمثال مع المركبات الأفقية فإننا نحصل من هذه الفروق على مقدار خطأ القفل ويصحح كما سيأتى بعد فى المثال.

مثال:

الانحرافات المبينة فى جدول (٧) هى انحرافات مضلع مقفل أ ب ج د هـ أ بعد تصحيحها من تأثير الجاذبية السحلية. أوجد الكميات اللازمة لرسم المضلع بطريقة المركبات.

خطوات العمل:

١- ترتيب الأرصاء فى الجدول كما هو مبين ويوضع فى العمود (١) اسم الخط وفى العمود الثانى طوله المقاس وفى الثالث الانحراف الدائري المصحح.

٢- يحسب الانحراف المختصر ويوضع فى العمود الرابع.

٣- تحسب المركبة الأفقية والمركبة الرأسية لكل خط بضرب الطول فى جيب وجيب تمام زاوية الانحراف المختصر مع مراعاة الإشارات وتوضع فى العمودين (٥) ، (٦).

٤- تجمع المركبات جبرياً فإذا ساوى المجموع الصفر فإنه لا توجد أخطاء فى المركبات أما إذا كان المجموع الجبرى للمركبات الأفقية أو الرأسية يساوى مقدار ما فإن هذا المقدار هو عبارة عن مركبة الخط الأفقية أو الرأسية أى أن:

$$\begin{aligned} \text{المركبة الأفقية لخطأ القفل} &= \text{المجموع الجبرى للمركبات الأفقية} \\ \text{المركبة الرأسية لخطأ القفل} &= \text{المجموع الجبرى للمركبات الرأسية} \end{aligned} \quad (١٣)$$

٥- تصحح المركبات حسابياً ثم يرسم المضلع بواسطة المركبات المصححة أو بواسطة الإحداثيات ، انظر تصحيح خطأ القفل حسابياً.

خط القفل

أولاً - إذا كان التوقيع بالطرق الثلاث الأولى ، عند توقيع المضلع فإننا نبتدئ

بنقطة مثل أ ونوقع الخطوط تباعاً حتى النقطة أ مرة أخرى . ولكن يندر أن نرجع لنفس النقطة أ تماماً وإنما نعين بدلاً منها نقطة أخرى مثل أ١ . المسافة أ أ١ تسمى (خط القفل) وهذا الخطاً نتسبجة الأخطاء فى الرصد وقياس الأطوال والانحرافات وفى التوقيع نفسه . ويجب ألا يزيد طول خطأ القفل عن نسبة معينة من مجمرع أطوال المضلع كله ، وإلا أعيد قياس الأطوال والانحرافات بدرجة أكبر من الدقة لنحصل على الخطأ المسموح به.

ثانياً - إذا كان التوقيع بطريقة المركبات،

خطأ القفل فى طريقة المركبات.

ملحوظة : يتكفي برهمنين أو ثلاثة أرقام عشريية فقط (٧) الأكثر في حساب المركبات

المركبات المصنعة (متراً)	المركبات غير مصنعة (متراً)		الانصراف المفسر	الانصراف الإداري	الطول متراً	المط
	الألفية	الرأسية				
٧٥,٤٦٥٠ +	٤٠,٦٠١٨ +	٧٥,٩٨٩٦ +	٤٠,٦٦٥٢ +	٧٢'٠٥	٨٦	أب
١٧,٠٤٠٧ +	٢٥,٦٥٢١ -	١٧,٢٢٩٨ +	٢٥,٧٧٣٤ -	١٤٦'١٥	١٣	ب-جـ
٩,٦٤٨١ -	٤٧,٩٠٦٦ -	٩,٣٤٩٢ -	٤٨,٠٩٤٨ -	١٩١'٠٠	٤٩	جـ-د
٤٤,٤٠٠٠ -	١٨,٧٤٢٣ -	٤٤,١٠٧٢ -	١٨,٩٣١٢ -	٢٤٦'٤٥	٤٨	د-هـ
٢٨,٤٥٧٦ -	٥١,٧٠٠٢ +	٢٨,٠٦٧٢ -	٥١,٤٤٩٦ +	٣٢٣'٣٠	٦٤	هـ-أ
متر	متر	١,٢٩٥٨ +	١,٠٨٨٢ -		٢٧٨	المجموع

$$(١٤) \quad \sqrt{(المركبة الرأسية للخطأ)^2 + (المركبة الأفقية للخطأ)^2} = \text{خطأ القفل}$$

خطأ القفل المسموح به :

(١٥)

نسبة خطأ القفل =	طول الخطأ
	مجموع أطوال الاضلاع

هذه النسبة يجب ألا تزيد عن $\frac{1}{100}$ في الأراضي الوعرة ذات الطوبوغرافية الشديدة مع القياس بالجنزير وعن $\frac{1}{500}$ في المدن.

تصحيح خطأ القفل:

ويجب تصحيح الأرصاد حتى يقل المضلع ولا يكون هناك خطأ قفل.
وللتصحيح طريقتان:

أولاً - الطريقة الحسابية :

وهذه تستعمل في طريقة المركبات. فمن الجدول نجد أن المركبة الرأسية لخطأ القفل = ١٠.٨٨٢ م والمركبة الأفقية للخطأ = ١٦٩٥٨ م.

$$\text{فيكون طول خطأ} = \sqrt{(١٠.٨٨٢)^2 + (١٦٩٥٨)^2} = ٢٠.١ \text{ م}$$

لتوزيع خطأ القفل على المركبات نتبع القانون التالي . مع ملاحظة أن إشارة التصحيح تكون بعكس إشارة الخطأ :

<p>تصحيح المركبة الأفقية للخط</p> $= \frac{\text{طول الخط}}{\text{أطوال خطوط المضلع}} \times \text{المركبة الأفقية لخطاً القفل}$
--

تصحيح المركبة الرأسية للخط أ ب .

$$= \frac{٨٦}{٢٧٨} \times ١,٠٨٨٢ = ٠,٣٣٦٦ \text{ متراً}$$

وتكون المركبة الرأسية المصححة للمضلع أ ب

$$= ٤,٠٢٦٥٢ + ٠,٣٣٦٦ = ٤,٣٦٣١٨ \text{ متراً}$$

تصحيح المركبة الأفقية للخط أ ب.

$$= \frac{٨٦}{٢٧٨} \times (١,٦٩٥٨) = ٠,٥٢٤٦ \text{ متراً}$$

وتكون المركبة الأفقية المصححة للمضلع

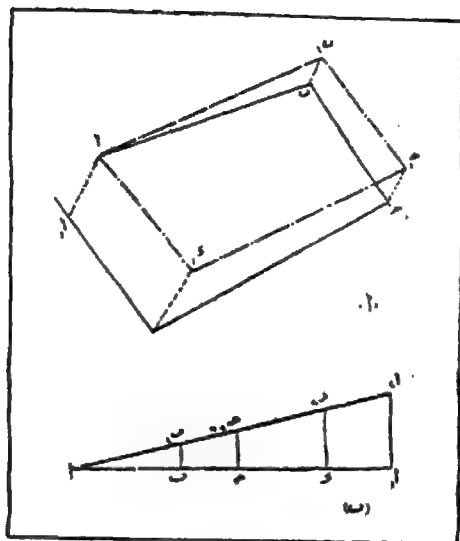
$$= ٧٥,٩٨٩٦ - ٠,٥٢٤٦ = ٧٥,٤٦٥٠ \text{ متراً}$$

ونكرر نفس العمل على سائر المركبات .

ملحوظة:

يكفى في معظم الحالات بحساب المركبات إلى رقمين عشريين فقط أي لأقرب سنتيمتر وفي بعض الحالات إلى ثلاثة أرقام عشرية أي لأقرب ملليمتر.

وبعد تصحيح مركبات المضلع حسابياً يمكن توقيعه بتوقيع ضلع بعد آخر بواسطة مركباته المصححة شكل (٤٢) فشلاً إذا بدأنا نبتدئ نقطة أ في وضع مناسب من اللوحة ثم نرسم الخط أ ب بالمركبة الأفقية ٧٥,٤٦٥٠ ناحية اليمين (الشرق) لأنها موجبة ثم المركبة الرأسية ٤,٣٦٣١٨ إلى أعلى (شمالاً) لأنها موجبة فنحصل على ب ثم نوقع ب ج إلى اليمين ثم أسفل وهكذا حتى نصل إلى نقطة أ مرة ثانية لأننا استعملنا المركبات المصححة في رسم الشكل.



شكل رقم (٤٢)

وفي اتجاه أ ، أ (أى اتجاه النقطة الخطأ إلى النقطة الصحيحة) نصل أ ب ، ج د ، أ ب نتج الشكل المصحح .

ونظراً إلى أن الفرق فى طول الخطأ عند كل نقطتين متتاليتين صغير (أى أن الفرق بين ب ب ، ج د مثلاً صغير) فيمكن اعتبار الشكل ب ب ، ج د متوازي أضلاع . وبذا فإن أطوال الخطوط لا تتغير وإنما التغير يكون فى الزوايا . وهذا يناسب مضلع البوصلة لأن احتمال الخطأ فى قياس الزوايا أكبر من احتمال الخطأ فى قياس الأطوال لذلك ينصب التصحيح على الزوايا فقط تقريباً .

٥- فى حالة ما إذا كان مجموع أضلاع الترافرس أكبر من سعة الرسم فيمكن رسم الأطوال بمقياس رسم مناسبة للورقة مع ملاحظة رسم خطأ القفل بقيمته الظاهرة فى الرسم لأن المطلوب هو توزيع الخطأ بنسبة أطوال الترافرس حتى تحصل كل نقطة على جزء من الخطأ وحتى يقلل الترافرس.

حساب طول وانحراف خط لم يرصد:

أحياناً لا يتيسر قياس طول خط أو رصد انحرافه فى مضلع. فى هذه الحالة نأتى بمركبات أضلاع الخطوط وتكون المركبات الرأسية والأفقية للضلع المجهول هى مجموع المركبات الرأسية لجميع الخطوط ومجموع المركبات الأفقية لجميع الخطوط مع عكس الإشارة وذلك لاستيفاء شرط أن كل من مجموع المركبات الأفقية والرأسية يجب أن يساوى صفراً.

مثال:

فى مضلع أ ب ج د رصدت انحرافات أ ب ، ب ج ، ج د وقيست أطوالها وبعد تصحيح الانحرافات وإيجاد المركبات الأفقية والرأسية كانت كالآتى :

مركبة رأسية	مركبة أفقية	
٤٧,٢٨ -	٣٣,٤٥ -	أ ب
٢٣,٢٤ -	٨٦,١٧ +	ب ج
١٥,٤٧ +	٤١,٢٢ -	ج د

ما طول الخط د أ ، وانحرافه ؟

الحل:

مجموع المركبات الأفقية = + ١١٥٠ م

مجموع المركبات الرأسية = - ٥٥٠٠ م

∴ مركبات د أ هي - ١١٥٠ + ٥٥٠٠ م

$$\text{وطول د أ} = \sqrt{(١١,٥٠٠)^2 + (٥٥,١٨)^2} \text{ متر}$$

$$\text{ظا الانحراف المختصر للخط} = \frac{\text{م}}{\text{مس}} = \frac{١١,٥٠ -}{٥٥,١٨ +} = ٠,٢٩٠$$

، الانحراف المختصر = ١١°٤٨ ش غ (لأن المركبة الأفقية سالبة والرأسية موجبة) .

أمثلة

مثال ١١

صح بطريقة الجاذبية المحلية الانحرافات للمضلع أ ب ج د إذا كانت الانحرافات للخطوط على التوالي هي :-

أ ب : ١٤٤°	ب أ : ٣٢٢°
ب ج : ٦٨°	ج ب : ٢٤٧,٥°
ج د : ٢٧٨,٥°	د ج : ٩٩,٧٥°
د أ : ٢٣٦°	أ د : ٥٧,٢٥°

الحل،

ملاحظات	الفرق	الانحرافات المرصودة		الفرق	الانحرافات المرصودة		الخط
		خلفي	أمامي		خلفي	أمامي	
	١٨٠ ٠٠	٢٢١ ٤٥	١٤١ ٤٥	١٧٨ ٠٠	٣٢٢ ٠٠	١٤٤ ٠٠	أ ب
	١٨٠ ٠٠	٢٤٧ ٤٥	٦٧ ٤٥	١٧٩ ٣٠	٢٤٧ ٣٠	٦٨ ٠٠	ب ج
	١٨٠ ٠٠	٩٨ ٤٥	٢٧٨ ٤٥	١٧٨ ٤٥	٩٩ ٤٥	٢٧٨ ٣٠	ج د
	١٨٠ ٠٠	٥٥ ٠٠	٢٣٥ ٠٠	١٧٨ ٤٥	٥٧ ١٥	٢٣٦ ٠٠	د أ

ملاحظات على الحل،

- ١- الفرق بين الانحرافين أقل ما يمكن في الخط ب ج وهو ٣٠
- ٢- صحح الانحرافين الأمامي والخلفي للخط ب ج بطريقة المتوسطات حتى نحصل على فرق ١٨٠.
- ٣- صحح بقية الانحرافات بطريقة الجاذبية.

مثال ٢،

أخذت القياسات الآتية لمضلع مفتوح بواسطة البوصلة.

الخط	الطول (متر)	الانحرافات
أ ب	٧٥,٤	٣٠
ب ج	١٠١,٢	٢٠
ج د	٨٠,٥	١٥
د هـ	١٠٠,٣	١٠

المطلوب تصحيح هذا المضلع إذا علم أن إحداثيات نقطة أ هي ١٠٠ شمالاً ،
١٠٠ شرقاً وإحداثيات هـ هي ٤٣٦ر٢ شمالاً ، ٢١٣ر٤٥ شرقاً.

الحل،

بالاستعانة بالجدول التالي يمكن الحصول على التصحيح المطلوب.

الخط	الطول (متر)	انحراف مختصر	المركبات المحصورة		التصحيات		المركبات المصححة	
			س	ص	Δ س	Δ ص	س	ص
			(متر)	(متر)	(متر)	(متر)	(متر)	(متر)
أ ب	٧٥,٤	ش ٣٠ ق	٣٧,٧٠	٦٥,٣٠	- ٠,٦١	- ٠,١٦	٣٨,٣١	٦٥,١٤
ب ج	١٠١,٢	ش ٢٠ ق	٣٤,٦١	٩٥,١٠	- ٠,٨٢	- ٠,٢١	٣٥,٤٣	٩٤,٨٩
ج د	٨٠,٥	ش ١٥ ق	٢٠,٨٣	٧٧,٧٦	- ٠,٦٥	- ٠,١٦	٢١,٤٨	٧٧,٦٠
د هـ	١٠٠,٣	ش ١٠ ق	١٧,٤٢	٩٨,٧٨	- ٠,٨١	- ٠,٢١	١٨,٢٣	٩٨,٥٧
	٣٥٧,٤		١١٠,٥٦	٣٣٦,٩٤	- ٢,٨٩	- ٠,٧٤	١١٣,٤٥	٣٣٦,٢٠

المركبة (س) للخط أ هـ = ٢١٣ر٤٥ - ١٠٠ = ١١٣ر٤٥ متراً

المركبة (ص) للخط أ هـ = ٤٣٦ر٢٠ - ١٠٠ = ٣٣٦ر٢٠ متراً

مركبات خطأ القفل Δ س ، Δ ص .

Δ س = ١١٣ر٤٥ - ١٠٠ر٦٥ = ٢ر٨٩ متراً

Δ ص = ٣٣٦ر٢٠ - ٣٣٦ر٩٤ = - ٠ر٧٤ متراً

$$\sqrt{2,98^2 + (-0,74)^2} = \text{خط القفل}$$

$$\frac{1}{125} = \frac{8}{1000} = \frac{2,98}{357,4} = \text{نسبة خطأ القفل}$$

نفرض الخطأ مسموحاً به.

تصحیح المركبات كما يلي :

$$\Delta \text{ س } ١ = \frac{٧٥,٤}{٣٥٧,٤} \times ١,٨٥ = ٠,١٦ \text{ متراً}$$

$$\Delta \text{ ص } ١ = \frac{٧٥,٤}{٣٥٧,٤} \times ٠,٧٤ = ٠,١٦ \text{ متراً}$$

مثال ٢:

أ ب ج مضلع مقفل س ، د نقطتان خارجتان والزواية أ س د هي $١٢٨^\circ ٤٢'$ والنقط جميعها في منطقة منتج حديد. قيس الانحرافات للأضلاع بالبوصله المنشورية فكانت:

أ ب $١٦^\circ ١٦'$ ج ب $٨٥^\circ ٣١'$ ج أ $٣٣^\circ ٠٨'$

أ ج $١٧٣^\circ ٠٥'$ ب ج $٢٧٣^\circ ٠٩'$ ب أ $٣٠٧^\circ ٥٧'$

والخط أ س يتجه جنوباً تماماً - عين الانحرافات الصحيحة للاتجاهات أ ج، ج أ، د س.

الحل :

بالاستعانة بالجدول :

$$\text{انحراف أ س} = ١٨٠ - ١٦^\circ ٠٨' = ١٦٣^\circ ٥٢'$$

$$\text{انحراف س د} = \text{انحراف أ س} - (١٨٠ - \text{س})$$

$$\text{انحراف د س} = ١٨٠ + \text{انحراف س د}$$

$$= ١٦٣^\circ ٥٢' + ١٢٨^\circ ٤٢'$$

$$= ٢٩٢^\circ ٣٤'$$

الضلع	انحراف لملي	انحراف خلفي	الفرق	لملي مصحيح	خلفي مصحيح	الفرق
أ ب	١٦' ١٤٠	٥٧' ٣٠٧	٤١' ١٦٧	٠٨' ١٢٤	٠٨' ٣٠٤	١٨٠
ب ج	٠٩' ٢٧٣	٣١' ٨٥	٣٨' ١٨٧	٢٠' ٢٦٩	٢٠' ٨٩	١٨٠
ج أ	٠٨' ٣٣٣	٠٤' ١٧٣	٠٣' ١٦٠	٥٧' ٣٣٦	٥٧' ١٥٦	١٨٠

التصحيح بواسطة الجاذبية المحلية حيث أن المضلع فى منطقة بها منجم حديد والفرق يزيد على ١°.

مسائل

١- أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية لمضلع مقفل والمطلوب تصحيحها بطريقة المتوسطات.

الضلع	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي
أ ب	٢٧' ١٣٧	٤٥' ٣١٧
ب ج	٥٢' ٢٠٥	١٨' ٢٥
ج د	٣٠' ٢٧٩	٠٠' ١٠٠
د هـ	٠٠' ٣٤٤	١٨' ١٦٤
هـ أ	١٠' ٨٣	١٠' ٢٦٣

٢- فى المضلع أ ب ج د أ كان الانحراف الأمامي لخط أ ب = ٣٠' ٤٥° وكان الخط ب ج متجهاً من الغرب إلى الشرق ثم ج د من الشمال للجنوب وانحراف د هـ الخلفي ٦١°، هـ أ كان متجهاً من الجنوب إلى الشمال وكانت الأطوال المقاسية للأضلاع على التوالي ٥٢ ، ٣٩ ، ٥٦ ، ٧٠ ، ٦٢ متراً ارسم المضلع بمقياس ١:١٠٠٠ بعد تصحيحه . وما هى أطوال كل من القطرين أ ج ، ب د : احسب قيمة الزاوية أ ج د .

٣- خط أ ب انحرافه الافتراضى هو ١٤' ١٤٨° عين الانحراف المغناطيسى له فى يونيو ١٩٧٩ من المعلومات الآتية:

الشمال الافتراضى ينحرف عن الاتجاه الجغرافى بمقدار ١٢' شرقاً ، زاوية الاختلاف فى يناير ١٩٥٤ هى ١٤' ١٢° غرباً ومعدل التغير فيها سنوياً هو ١٠ دقائق شرقاً.

٤- فى مكان كانت زاوية التغير ٣٠' غرباً سنة ١٧٥٠ ، ٣٧' ١' غرباً سنة ١٨٠٠ ، ١٠' ١' غرباً سنة ١٨٥٠ ، ٠٠' ١' غرباً سنة ١٩٠٠ ، ٧٠' ٤' غرباً سنة ١٩٥٠ ، ٣٠' ٤' غرباً سنة ١٩٦٠ . فإذا كان الانحراف الحقيقى لخط معين هو ش ٤' ٣' غ سنة ١٩٧٠ فما هو انحرافه المغناطيسى فى السنوات المذكورة عالىة.

٥- أخذت القراءات الآتية فى مضلع بورصة . أحسب الانحرافات المصححة واحسب إحداثيات ب إذا كانت إحداثيات أ هى ٢٥٠ شرقاً ، ٧٥ شمالاً.

الخط	الانحراف	الطول (بالتر)
أ ج	٠٠' ٠٠'	١٩٥,٥
أ ب	٥٩' ٤٤'	١٦٩,٥
ب ج	٠١' ٢٣٥'	١٦٩,٥
ب ج	١٠' ٣٠٢'	١٤١,٧
ج ب	١٠' ١٢٢'	١٤١,٧
ج أ	٠٠' ١٨٠'	١٩٥,٥

٦- أ- صحح الأرصاد الأصلية التالية التى أجريت بالبوصلة.

أولاً - للجاذبية المحلية بالطريقة التقريبية .

ثانياً- هل خطأ القفل مسموح به أم لا إذا كان المعامل ك = ٢٥

ب ج : ٢٦' ١٠.٢ ، أ ج : ٢٠' ١٠.٧ ، أ ب : ١٦' ٤١

ج أ : ٤٠' ٢٨٩ ، ب أ : ٥٨' ٢١٦ ، ج ب : ٨' ٢٧٩

ب - إذا علم أن الانحراف المغناطيسي لخط في سنة ١٩١٠ هو ١٢' ١٤٨
والانحراف الجغرافي لنفس الخط عام ١٩٣٨ هو ٤١' ١٤٦ ومعدل التغير هو
أربع دقائق شرقاً سنوياً . ما هي زاوية الاختلاف عام ١٩٠٤ والانحراف
المغناطيسي للخط في هذا العام.

٧- أ ب ج د ه مضلع قيست أطوال أضلاعه فكان ٤٥٠ ر. ، ٤٠ ر. ، ٧٠ ر. ،
٤٠ ر. ، ٦٠ ر. على التوالي رصدت الانحرافات الأمامية والخلفية للخطوط
فكانت على التوالي ٢٠' ٢٧٠ ، ٣٠' ٨٩ ، ١٠٠' ١٨١ ، ١٠٠' ٣٥٩ ، ١٥٠'
٢٣٩ ، ٤٥' ١٤٩ ، ١٥' ٣٣٠ ، ١٠٠' ٢١١ ، ٢٩٠' .

ارسم المضلع على ورقة السريعات بمقياس ١ : ١٠٠٠ بواسطة توقيع الزوايا
الداخلية وصححه . ما نسبة خطأ القفل وهل مسموح به إذا كان المضلع في أرض
وعرة.

٨- رصد الانحراف الجغرافي لقمة مثذنة من محطة مثلثات فوجد أنها : ٢٠' ٣٤٦ .
وفي وقت معين من اليوم أخذ الانحراف المغناطيسي لنفس الخط فوجد
أنه ٢٣' ٣ . وفي اليوم التالي وفي نفس الوقت المعين أجريت مساحة تحت أرضية
لخط ورصدت بالبوصله نفسها ووجد أن الانحراف للخط ٣٠' ١٩٥ . احسب (أ)
الاختلاف المغناطيسي (ب) الانحراف الجغرافي للخط تحت الأراضي.

٩- أ ب ج مضلع أجرى ببوصلة منشورية وكانت الأطوال والانحرافات كما يلي:

الانحراف	الطول	الضلع
٢٠' ١٣٤	١٥٠ متراً	أ ب
٤٥' ٢١٨	٢٧٥ متراً	ب جـ
١٤' ٢٨٨	١٧٣ متراً	جـ د

ما هو طول وانحراف الخط الواصل بين منتصف د ج ، ص التي على أ ب وتبعد عن ب بمقدار ١٠٠ متر.

١٠- الانحرافات المبينة أدناه أخذت بالبوصلة والمطلوب تصحيحها ثم استنتاج الانحرافات الصحيحة المختصرة أ ب = ١٤' ٤٥° ، ب جـ = ١٢٠' ١٢٠° ، جـ د = ١٥' ٣١٠° ، د أ = ٣١٥° ، ب أ = ٣٠' ٢٢٥° ، جـ ب = ٢٩٩° ، د جـ = ٣١' ٠° ، أ د = ١٣٥° . أوجد أيضاً الزوايا بين الأضلاع وحقق مجموعها .

١١- لرفع منطقة ملحقة بأحد المصانع أجرى المضلع أ ب ج بالبوصلة فكانت الأرصاد كما يلي:

$$\text{أ ب : } \frac{1}{16} \text{ ، } ١٤١ \text{ ، أ جـ : } \frac{1}{4} \text{ ، } ٢١٦ \text{ ، جـ ب : } ٩٣ \text{ ،}$$

$$\text{ب جـ : } \frac{1}{2} \text{ ، } ٧٧١ \text{ ، جـ أ : } \frac{13}{16} \text{ ، } ٣٢ \text{ ، ب أ : } \frac{7}{8} \text{ ، } ٣١٥$$

وعند نقطة أ رصد انحراف محور شارع أ هـ فوجد أنه يتجه إلى الشمال تماماً ما هي الانحرافات الصحيحة لأضلاع المضلع وكذلك الانحراف الصحيح لمحور الشارع أ هـ .

١٢- أخذت الأرصاد الآتية في مساحة ببوصلة لإيجاد المساحة التقريبية لمساحة مقطعة بفضلات.

احسب الأرصاد المصححة للجاذبية المحلية. وقع المضلع بمقياس ١ : ٢٥٠٠ وصحح الشكل بالرسم . ثم أوجد مساحة المنطقة بتقسيمها إلى مثلثات.

الخط	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي	الطول (بالمتر)
أ ب	ش ١٠ ' ٥٧ ق	ج ٢٠ ' ٥٨ غ	٢٧٥
ب ج	ش ٤٠ ' ٨١ ق	ج ٠٠ ' ٧٨ غ	٤١٤
ج د	ج ٣٠ ' ١٥ ق	ش ٣٠ ' ١٥ غ	٢٨٢
د هـ	ج ٢٠ ' ١٠ غ	ش ٠٠ ' ١٢ ق	٢٠٢,٥
هـ و	ج ٥٠ ' ٧٨ غ	ش ٠٠ ' ٧٦ ق	٢٧٠
و ز	ش ٣٠ ' ٦٩ ق	ج ٣٠ ' ٦٨ غ	٤٧٥
ز أ	ش ١٠ ' ٢٢ غ	ج ٣٠ ' ١٩ ق	١٩١,٥

١٣- الانحراف الجغرافي لخط هو ١٤ ° ٤' والانحراف المغناطيسي لخط آخر هو ٢٧٧ ° ، فإذا كانت زاوية الاختلاف هي ٢١ ' ٦' غرباً فما هو الانحراف المغناطيسي للخط الأول وما هو الانحراف الجغرافي للخط الثاني.

١٤- زاوية الاختلاف المغناطيسي في منطقة ما ١٠ ° ٥' غرباً . ما هو الانحراف المغناطيسي للشمال الحقيقي والجنوب الحقيقي والشرق الحقيقي.

١٥- إذا كان الاختلاف المغناطيسي عند مدينة الإسكندرية سنة ١٩٤١ يساوي ٨' ٢١ شرقاً ومن الخرائط المغناطيسية للتغيير وجد أن معدل التغيير السنوي يساوي ٤ دقائق شرقاً ما مقدار الانحراف المغناطيسي لخط عام ١٩٧٨ إذا كان انحرافه المغناطيسي سنة ١٩٤١ يساوي ٦١ ° . ما الانحراف الحقيقي لخط آخر قيس انحرافه المغناطيسي سنة ١٩٥٢ فكان ٢٤ دقيقة.

الباب الرابع المساحة باللوحة المستوية البلاشيطة

Plane Table Surveying

يطلق اسم اللوحة المستوية أو البلاشيطة على عدة أدوات مساحية تستخدم في مجموعها في عمليات رفع الخرائط التفصيلية والطبوغرافية رفعاً سريعاً سهلاً ولكنه ليس دقيقاً وتعرف طريقة الرفع هذه باسم المساحة "باللوحة المستوية" وأحياناً يطلق عليها "الرفع بالبلاشيطة" (Plane sheet).

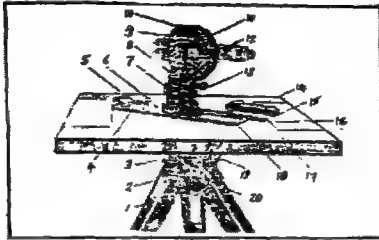
اسمات آلات اللوحة المستوية :

يمكن باللوحة المستوية رفع الحدود والتفاصيل والمضلعات مباشرة من الطبيعة ومن ثم إنشاء الخرائط التفصيلية من واقع عمل القبط وبدون أية حسابات وكذلك عمل الخرائط الكشورية.

الأدوات المستعملة في اللوحة المستوية : (شكل ٤٤).

١- اللوحة الخشبية،

وهي عبارة عن لوحة مصنوعة من الخشب الجيد المتين مستوية السطح ، وهي إما مربعة أو مستطيلة الشكل (٤٤) تتراوح أبعادها ما بين ٤٠ X ٥٠ سنتيمتر و ٦٠ X ٨٠ سنتيمتر. ويتصل سطحها السفلي بقاعدة معدنية (١٩) بها ثلاث مسامير للتسوية (٣) والغرض من القاعدة تثبيت اللوحة في الحامل (٢) وهي عبارة عن لوحين معدنيين مثلثين و بينهما مسامير التسوية الثلاث لجعل اللوحة أفقية . ويتصل مسمار حلزوني (١) بالقاعدة المعدنية لتثبيتها في حامل ذو ثلاث شعب (٢٠).



شكل رقم (٤٤)

٢- الحامل،

وهو حامل خشبي ذو ثلاث شعب (٢٠ - شكل ٤٤) كل شعبة منها تنتهي بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض ويربط رأس الحامل في القاعدة الموجودة أسفل اللوحة الخشبية حتى لا تحدث حركة دوران اللوحة أثناء العمل .

٢- الأليداد:

أليداد البلاستيكية من أهم الأدوات المستعملة في طريقة عمل المساحة باللوحة المستوية وأنواعه كثيرة والعمل الرئيسي للأليداد هو تعيين الاتجاهات الأساسية الواصلة بين النقط المرصودة وبين موضع اللوحة المستوية مباشرة ، وكذلك تحديد المسافات بين النقط المرصودة وموضع اللوحة.

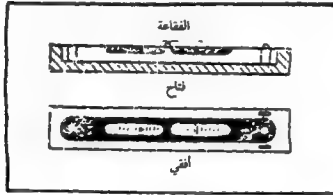
أنواع الأليداد:

(أ) أبسط أنواع الأليداد عبارة عن مسطرة حرفاها مستقيمان وأحدهما مشطوف. ويتصل بهذه المسطرة اتصالاً مفصلياً من عند طرفيها ذراعان بأحدهما شرخ رأسى وبالأخر شباك يتوسطه شعرة رأسية - ويستعمل الذراعان في التوجيه الأساسى حيث يمكن تمثيل ورسم الخط الواصل بين موضع اللوحة وبين الهدف. ويستعمل هذا النوع البسيط - ويطلق عليه مسطرة التوجيه في المسافات القريبة.

(ب) غالباً ما تكون المسافات بين الأهداف وموضع اللوحة كبيرة جداً وحينئذ يفضل استعمال الأليداد الحديث ذو المنظار - وهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو النحاس (٤) مركب عليها قائم عمودي (٨) وفي أعلاه منظار مساحي (١٢) يدور حول محور أفقي في المستوى الرأسى - والمنظار مركب بحيث إذا كانت مسطرة الأليداد أفقية تماماً فإن خط النظر يرسم مستوى رأسى يقطع اللوحة عند حافة هذه المسطرة (٦) ويوجد أحياناً على قاعدة القائم الرأسى للأليداد ميزان تسوية دائري (٥) .

٤- ميزان التسوية،

وهو إما مستطيل في أغلب أحواله أو مستدير الشكل . وميزان التسوية الطولي يتركب من أنبوبة زجاجية بها كحول سائل وفقاعة من بخار الأثير وتوضع عادة داخل صندوق من النحاس قاعدته مسطحة تماماً شكل (٤٥) فإذا وضع الميزان على سطح أفقى ثبتت الفقاعة في منتصف الأنبوبة - وإذا وضع ميزان التسوية على سطح مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى من الأنبوبة.

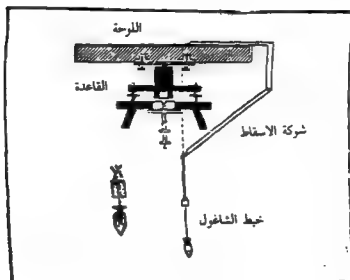


شكل رقم (٤٥)

٥- شوكة الإسقاط،

عبارة عن إطار معدني رفيع له ثلاثة أضلاع متصلة، اثنان منها متعامدان ويميل الثالث بزاوية أكبر من القائمة قليلاً شكل (٤٦) - وينتهي أحد الأضلاع بسن رفيع يبين موقع النقطة المطلوب رفعها من الطبعة إلى لوحة الرسم أو النقطة

المطلوب إسقاطها من اللوحة إلى الأرض وينتهى الطرف الآخر بانحناء دائري لتعليق خيط التسامت منه - ويجب أن يكون سن الثقل مع سن الشوكة المذهب في خط رأسي واحد - ويعلق أسفل شوكة الإسقاط خيط وثقل شاغول لإتمام عملية التسامت كما في شكل (٤٦) .



شكل رقم (٤٦)

٦- بوصلة التوجيه :

تتركب بوصلة التوجيه من صندوق مستطيل الشكل (١٤ - شكل ٤٤) سطحه العلوي من الزجاج وبوسطه محور رأسي مذهب ترتكز عليه إبرة مغناطيسية وتحت طرفي الإبرة قوسان مدرجان صفر التدريج في كليهما في المنتصف - بحيث أن الخط الواصل بين صفري التدريج يمر بمركز دوران الأبرة ويوازي طول الصندوق - وتوجد أحياناً أسفل الإبرة راقعة تستعمل لوقف حركة الإبرة.

والفرض الأساسي من البوصلة هو تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي على اللوحة المرسومة وعند استعمال البوصلة لتحديد الشمال نحركها فوق اللوحة حتى نحصل على الوضع الذي يقف فيه سن الإبرة عند صفر المقياس فيكون اتجاه جانب غلبة البوصلة هو اتجاه الشمال المغناطيسي.

شروط الضبط للأدوات المستعملة في اللوحة المستوية :
تنقسم هذه الشروط إلى نوعين:

أولاً - شروط الضبط الدائم:

وهي الشروط الواجب توافرها في اللوحة المستوية ، ومن الواجب اختبار صحتها على فترات من الوقت.

ثانياً - شروط الضبط المؤقت:

وهي الشروط التي يجب توافرها عند استعمال اللوحة المستوية - ويتم في كل مرة تستعمل فيها للرصد.

أولاً - شروط الضبط الدائم:

الخطوات اللازمة لتحقيق شروط الضبط الدائم في اللوحة المستوية هي:

١- استقامة حافة مسطرة الأليداد:

ترسم بواسطة حافة الأليداد خطاً مستقيماً ثمنعكس وضع الأليداد ١٨٠° ونطبق حافة الأليداد على نهايتي الخط المرسوم - فإذا انطبقت حافة الأليداد جميعها على الخط دل ذلك على استقامة حافة المسطرة وإلا فتصلح الحافة - وتعاد التجربة.

٢- ضبط حامل الشعرات في منظار الأليداد:

يتم ذلك على خطوتين:

الأولى وهي جعل الشعرة الرأسية لحامل شعرات الأليداد في وضع رأسي تماماً.

والثانية وهي جعل خط النظر عمودياً على المحور الأفقي لدوران المنظار.

أ- جعل الشعرة الرأسية في وضع رأسي:

بعد إجراء ضبط الأفقية في اللوحة المستوية يوضع فوقها الأليداد ويوجه

المنظار نحو نقطة ثابتة بحيث نجعل هذه النقطة عند الطرف الأعلى للشعرة الرأسية وباستعمال مسمار الحركة البطيئة الرأسية (١٣ - شكل ٤٤) نحرك منظار الأليداد في المستوى الرأسى - فإذا ظهرت النقطة المرصودة تسير باستمرار على الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات مضبوطاً - أما إذا بعدت النقطة عن الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات فى وضع غير صحيح - ولذا تفك المسامير المثبتة لحامل الشعرات ويدار إلى الجهة التى تظهر فيها النقطة المرصودة - ويكرر العمل حتى تضبط الشعرة تماماً.

ب - جعل خط النظر عمودياً على المحور الأفقى لدوران منظار الأليداد؛

يعرف خط النظر بأنه الخط الواصل بين نقطة تقاطع الشعرتين الأفقية والرأسية ومركز العدسة الشبكية فى المنظار - والمطلوب هو تحقيق تعامد هذا الخط مع المحور الأفقى لدوران المنظار ، لذلك يعلق خيط شاغول فى حائط (يغمر شاغول فى إناء به ماء لثباته) تضبط اللوحة المستوية أفقية وعلى بعد مناسب من خيط شاغول ونضع الأليداد فوق اللوحة ونوجه منظاره إلى أعلى الخيط وبواسطة مسمار الحركة ونحرك المنظار من أعلى إلى أسفل فإذا تحركت نقطة تقاطع الشعرات على الخيط حتى تصل إلى أفق الجهاز كان هذا الشرط صحيحاً. أما إذا ابتعدت نقطة تقاطع الشعرات عن الخيط فذلك يدل على أن المستوى الرأسى الذى يتحرك فيه خط النظر لا يكون متعامداً مع المحور الأفقى لدوران المنظار.

وللتصحيح نحرك الشعرة الرأسية موازية لنفسها باستعمال المسامير الأفقين المثبتين لحامل الشعرات مع ملاحظة عدم إدارة هذا الحامل بحيث تقترب نقطة تقاطع الشعرتين من الخيط حتى تصل إلى منتصف المسافة بينهما - ونكرر العمل للتأكيد.

٢ - ضبط حافة المسطرة مع المستوى الرأسى لدوران خط النظر؛

بعد إتمام أفقية اللوحة المستوية بوضع شاخص على بعد مناسب منها ، ثم يرصد هذا شاخص بواسطة منظار الأليداد بضبط تقاطع الشعرتين عليه، ويدون

تحريك الأليداد يرصد الشاخص مرة أخرى على امتداد حافة المسطرة فإذا ظهر الشاخص على استقامة حافة المسطرة كان الجهاز صحيحاً - وإلا فيجب تصحيحه بالطريق المناسب حسب تصميم الجهاز.

ثانياً - شروط الضبط المؤقت للوحة المستوية،

وهو ما يجب إجراؤه عند استعمال اللوحة المستوية للرفع ويشمل:

أ- أفقية اللوحة المستوية.

ب - التسامت.

أ- أفقية اللوحة المستوية،

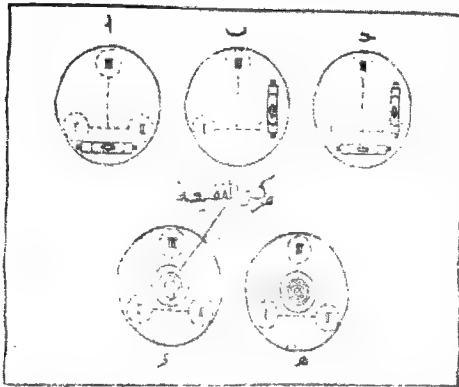
تثبت أرجل الحامل جيداً مع جعل اللوحة المستوية أفقية تقريبية - ويوضع ميزان التسوية موازياً لمسمارين من مسامير التسوية في القاعدة شكل (٤٧) وندير المسمارين (أ) + (II) معاً إلى الداخل وإلى الخارج حتى تصير الفقيعة في المنتصف (أ).

وندير بعد ذلك ميزان التسوية حتى يأخذ الوضع الثاني متعامداً على الوضع الأول (ب) ونحرك مسمار التسوية الثالث (III) حتى تصير الفقيعة في المنتصف وتكرر العملية مرة أخرى للتأكد بحيث نحصل دائماً على الفقيعة مضبوطة في المنتصف تماماً في أى اتجاهين متعامدين (ج) أما إذا كان ميزان التسوية من النوع الدائري فنجعل الفقيعة أولاً في منتصف المسافة بين المسمارين (II) ، (III) شكل (٤٧ - د) وبعد ذلك نحرك المسمار الثالث (III) حتى تصير الفقيعة في مركز الدائرة تماماً (هـ) وذلك بدون تحريك ميزان التسوية الدائري.

ب - التسامت :

معنى التسامت أن تكون النقطة المعنية على اللوحة مسامتة تماماً للنقطة النظرية الموجودة في الطبيعة - وباستعمال شركة الإسقاط شكل (٤٦) تتم عملية

التسامت فنحرك شوكة الإسقاط حتى سن الثقل يحدد موقع النقطة المثبتة بوترد
مثلاً - فيحدد سن الشوكة المدبب فوق اللوحة موقع هذه النقطة على الخريطة -
ونضغط بسن القلم أو بديوس مكان طرف الشوكة فتتعيين على الخريطة النقطة
المقابلة لمركز الوترد في الطبيعة.



شكل رقم (٤٧)

ج - التوجيه الأساسي:

وهو عبارة عن توجيه اللوحة المستوية بحيث تكون انخطوط في الطبيعة موازية
لنظائرها في اللوحة الورق - وسيشرح التوجيه الأساسي بالتفصيل عند تناول طرق
الرفع المختلفة.

طرق الرفع باللوحة المستوية:

هناك أربع طرق مستعملة للرفع باستخدام اللوحة المستوية - وقد تختلف هذه الطرق من حيث اختيارها على:

(أ) طبيعة وطبوغرافية الأرض المراد رفعها.

(ب) ظروف العمل وإمكان استخدام أباً من هذه الطرق إذ أن لكل طريقة شروطاً معينة ومقياس الرسم المطلوب ونوع الخريطة.

وهذه الطرق هي:

١ - طريقة الإشعاع (الثبات).

٢ - طريقة التقاطع الأمامي.

٣ - طريقة التقاطع العكسي.

٤ - طريقة الدوران (الترافرس).

١- طريقة الإشعاع، (الثبات)

ويشترط فيها إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطة واحدة - وكذلك إمكان قياس الأطوال بين نقط المضلع وهذه النقطة بدون وجود عقبات.

فإذا كان لدينا المضلع أ ب ج د ه شكل (٤٨) وأنه في إمكاننا رؤية نقط المضلع جميعها من نقطة مثل م والأرض مستوية تقريباً دون عقبات - فرفع المضلع المذكور تتبع الخطوات التالية:

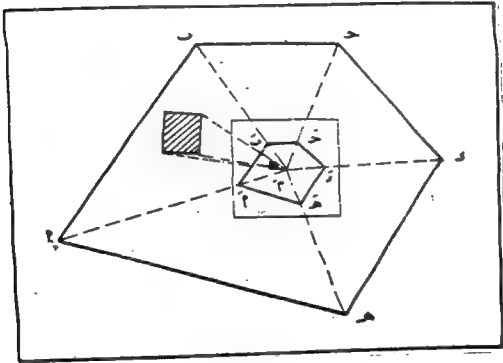
١- نضع اللوحة المستوية فوق النقطة م - وتضبط أفقياً وبواسطة شوكة الإسقاط نعين م في اللوحة مناظرة تماماً للنقطة م. أي تضبط اللوحة ضبطاً مؤقتاً عند النقطة م.

٢- نربط اللوحة ومن م نرسم أشعة إلى نقط المضلع أ، ب، ج، د، ه بعد التوجيه عليها توجيهاً أساسياً ثم تقاس الأطوال الأفقية للخطوط م أ، م ب، م ج، م د، م ه في الطبيعة بالشريط (وقد تقاس بالقياس التاكيمترى).

٣- بمقياس الرسم المناسب توقع أطوالها على اللوحة فتعين بذلك النقط أ' ، ب' ، ج' ، د' ، ه' .

٤- نصل هذه النقط بعضها البعض على التوالي لينتج المضلع.

وتمتاز هذه الطريقة بأن الراصد يحتاج إلى نقل اللوحة المستوية من مكان لآخر، وإن كان يعيبها عدم التحقيق وبالتالي عدم الدقة.



شكل رقم (٤٨)

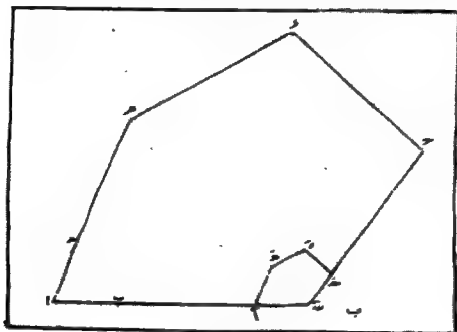
٢- طريقة التقاطع الأمامي،

بشروط في هذه الطريقة إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطتين سواء كانت هاتين النقطتين من نقط المضلع أو خلافا - ويعرف الخط الواصل بين النقطتين في هذه الطريقة بخط القاعدة.

فإذا كان لدينا المضلع أ ب ج د أ شكل (٤٩) وأنه أمكننا رؤية نقط المضلع جميعها من كلا النقطتين أ ، ب فإننا نتبع الآتى لإتمام عملية الرفع:

١- نضع اللوحة فوق أ ونعين أ' فى الورقة بحيث تأخذ اللوحة وضعاً مناسباً للشكل بالطبيعة وتربط اللوحة الخشبية ، من أ' نرسم الأشعة بواسطة الأليداد إلى النقط ب ، ج ، د ، هـ فى الطبيعة.

٢- يقاس خط القاعدة أ ب بدقة تامة ثم يوقع طول للقاعدة أ ب على اللوحة الورق فتتعين ب' المناظرة للنقطة ب فى الطبيعة شكل (٤٩) .



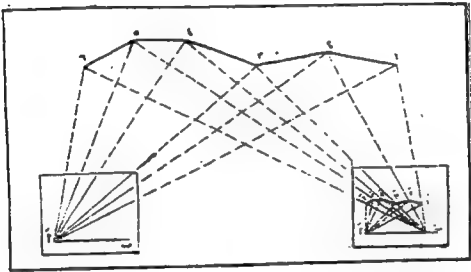
شكل رقم (٤٩)

٣- تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة ب' (الطرف الآخر من خط القاعدة) بحيث تتم الاشتراطات المؤقتة للقياس وهى أفقية اللوحة - تسامت النقطة ب' المعنية على اللوحة تماماً للنقطة ب الموجودة فى الطبيعة - التوجيه الأساسى للوحة بحيث يكون الشعاع أ' ب' الموقع على اللوحة فى مستوى رأسى واحد مع أ ب (القاعدة) الموجودة فى الطبيعة وفى هذه الحالة تكون اللوحة موجهة توجيهها أساسياً.

٤- تربط اللوحة وترسم من ب الأشعة الأولى المرسومة من أ^١ وتعين موضع النقط ج^١ ، د^١ ، هـ^١ على اللوحة.

٥- نوصل النقط أ^١ ، ب^١ ، ج^١ ، د^١ ، هـ^١ ببعضها فينتج المضلع المطلوب.

ومن الممكن الاستفادة من طريق التقاطع الأمامى فى تعيين الحدود ورفعها من الطبيعة مباشرة دون الحاجة إلى إقامة المضلعات التى تحصر المناطق المراد رفعها. وفى شكل (٥٠) يوضح عملية رفع الحد المتكسر ١-٦ باستخدام هذه الطريقة وفى هذه الحالة لدينا أ ب هو خط القاعدة وهو الخط الوحيد الذى يجب قياسه وتحديد طول به بدقة تامة.



شكل رقم (٥٠)

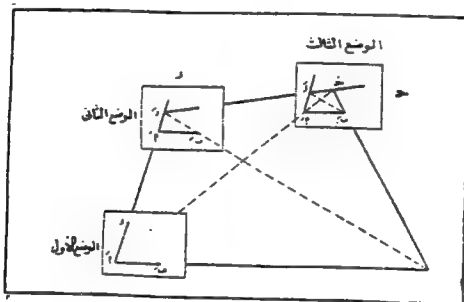
٢- طريقة التقاطع العكسى:

تشبه هذه الطريقة - الطريقة السابقة (طريقة التقاطع الأمامى) - غير أن الفرق بينهما هو أنه فى طريقة التقاطع العكسى يتم تقاطع الشعاعين فى النقطة الموضوعة فيها اللوحة المستوية.

وأهم مميزات هذه الطريقة هو الاستغناء عن قياس أغلب خطوط المضلع
يمكن كذلك تحقيق العمل بها في النقيط مباشرة.

فإذا كان المضلع أ ب ج د هو الشكل المراد رفعه بهذه الطريقة شكل (٥١)
فتتبع الآتي لإتمام عملية الرفع:

١- توضع اللوحة المستوية في النقطة أ تماماً وبعد ضبط الأفقية واتصام
لتسامت تعيين النقطة أ في اللوحة الورق ، تربط بعد ذلك اللوحة ويرسم من أ
شعاعان إلى ب ، د ثم يقاس أ ب في الطبيعة ويوقع طوله على الشعاع المناظر له
على اللوحة فتتعيين ب .



شكل رقم (٥١)

٢- تنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق د مراعين أفقية اللوحة وتسامت أي
نقطة من نقط الشعاع أ د للنقطة د في الطبيعة بحيث يكون بعد هذه النقطة عن أ
أ باللوحة الورق مساوياً بمقياس الرسم المستعمل للطول أ د في الطبيعة تقريباً .
ويشترط أن يكون الشعاع د أ باللوحة الورق منطبقاً على نظيره د أ في الطبيعة
كما في شكل (٥١).

٣- تربط اللوحة وتثبت دهبساً في نقطة بَ وننظر بالأليداد مع ملامسة مسطرة للديوس تماماً ودائماً إلى النقطة ب في الطبيعة ونرسم ب بَ حتى يقطع الشعاع أ دَ وتكون دَ هي النقطة المناشرة للنقطة د في الطبيعة.

٤- تثبت دهبوس دَ ، ونفس الطريقة نرسم المستقيم دَ جَ - وتنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق جَ مراعين الشروط المؤقتة للوحة المستوية ومن بَ نرصد ب في الطبيعة ونرسم إمداد بَ ليقابل الشعاع دَ جَ في نقطة جَ لتكون مناظرة في اللوحة الورق للنقطة.

ويمكن التحقق من صحة العمل بتثبيت دهبساً في أَ واللوحة المستوية في وضعها الأخير فوق جَ ونرصد نقطة أ في الطبيعة فإذا مر امتداد أ أَ بالنقطة جَ كان العمل صحيحاً وإلا فيعاد العمل ثانية.

٤- طريقة الدوران (الترافرس)،

تعتبر طريقة الدوران (الترافرس) أحسن طرق الرفع للمضلعات باللوحة المستوية وتستخدم في رفع الخرائط التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة.

ويشترط في هذه الطريقة إمكان رؤية كل نقطة من النقاط التي تلحقها والأخرى التي تسبقها. كما يشترط للحصول على الدقة المطلوبة قياس أطوال جميع خطوط المضلع بدقة تامة والعناية التامة بعملية الترجيح الأساسي.

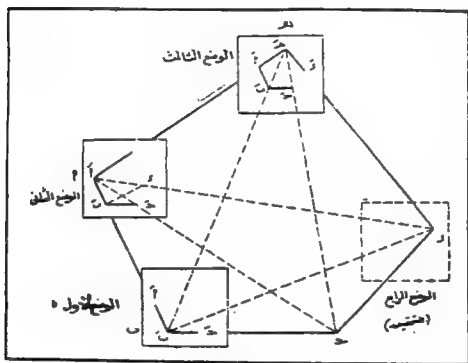
ويمكن تلخيص خطوات العمل بهذه الطريقة فيما يأتي:

١- قياس أطوال المضلع بدقة كافية.

٢- توضع اللوحة المستوية فوق أي نقطة من نقط المضلع مثل ب ونعين بَ على اللوحة الورق مراعين شروط الضبط المؤقت وتربط اللوحة جيداً شكل (٥٢).

٣- نضع حروف الأليداد على بَ ونرصد أ في الطبيعة ونوقع بَ أَ على اللوحة الورق بمقياس الرسم المستعمل فتحدد أَ ، وتعين نقطة جَ بنفس الطريقة. ثم نرسم أشعة لأي نقطة أخرى مثل هـ ، د لاستعمالها في تحقيق العمل.

٤- تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة التالية من نقط المضلع أ وترفع النقطة أ
تجرى عملية التوجيه الأساسي ليكون أ ب في الخريطة موازياً نظيره في الطبيعة
وكذلك أ د على اللوحة الورق موازياً نظيره في الطبيعة وبعد ذلك نرسم شعاعاً
إلى ه وتوقع ه بقياس الطول أ ه .



شكل رقم (٥٢)

٥- للتحقق نرسم شعاعاً إلى د وآخر إلى ج ، ويجب أن يمر الشعاع إلى ج
بتقريب ج السابق توقيعها من ب أما تقاطع الشعاعين من أ ، ب إلى د فيعين
مكان د .

وبلاحظ أن أهم عيوب هذه الطريقة أنها أكثر جهداً من الطرق الثلاثة الأخرى
حيث أننا نكرر في كل مرة وفي كل نقطة عملية التوجيه الأساسي والتسامت
والأفقية.

مزايا الرفع باللوحه المستوية:

- ١- في اللوحه المستوية نحصل على جميع المعلومات اللازمة والتفاصيل لرفع ورسم الخرائط للمنطقه المرفوعة من الغيط مباشرة دون اللجوء إلى حسابات.
- ٢- يمكن إجراء عمليات التحقيق مباشرة بمقارنة القياسات المأخوذة في الطبيعة بما يقابلها على الخريطة كما يستغنى فيها عن قياس الزوايا.
- ٣- تعتبر هذه الطريقة من أسرع طرق الرفع في الاستعمالات المختلفة فمثلاً للخرائط ذات المقاييس الكبيرة (١:٥٠٠، ١:١٠٠٠) تستعمل طريقة الترافرس فنحصل على الخريطة بدقة كافية. والخرائط ذات المقاييس الصغيرة نسبياً (١:٢٥٠٠، ١:١٠٠٠٠) تستعمل طريقة التقاطع الأمامي لسهولتها وسرعتها.

عيوب الرفع باللوحه المستوية:

- ١- لا تستعمل في مناطق الغابات والأراضى ذات الطبوغرافية الشديدة.
- ٢- لا يمكن الرفع باللوحه المستوية في الأجواء الممطرة والرطبة لذلك يقل استخدام اللوحه المستوية في معظم بلدان أوروبا.
- ٣- ثقل الأدوات المستعملة وغيوبها الآلية الكثيرة تحد من استعمال الرفع باللوحه المستوية في الأعمال المساحية التي تتطلب دقة عالية.

مصدر الأخطاء في الرفع للوحه المستوية:

- ١- انكماش اللوحه الورق وما ينتج عنه من أخطاء في القياسات من اللوح مباشرة (راجع انكماش الخرائط في باب الخرائط المساحية).
- ٢- عيوب الدقة في قياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة.

الباب الخامس الخرائط المساحية Surveying Maps

إن من أهم الواجبات الأساسية في علم المساحة هو عمل خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفي أغراضاً كثيرة ، وتبحث المساحة المستوية والتي نحن بصدها عمل نوعين أساسيين من الخرائط هما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية.

أولاً، الخرائط الطبوغرافية: (Topographic Maps)

وهي الخرائط التي تبين المعالم الأساسية بالمنطقة كحدود البلاد والمشاريع الصناعية وطبوغرافية المنطقة ممثلة في خطوط الكتنور أو مناسيب النقط الأساسية كما سيأتى بعد. كما تبين أيضاً التفاصيل الطبيعية والإتشائية.

وترسم هذه الخرائط بمقياس رسم صغير وغالباً ما يكون ١ : ٢٥٠٠٠ ويتراوح مقياس الرسم بها عموماً ما بين ١ : ٥٠٠٠ إلى ١ : ١٠٠٠٠٠. وأهم استعمالات الخرائط الطبوغرافية هي:

- ١- التخطيط العام للمشاريع الهندسية فهي لازمة لعمليات حصر الأراضي والتخطيط لمشروعات الري والصرف وغيرها.
- ٢- الدفاع القومي والأغراض العسكرية .
- ٣- تحسين موارد الإنتاج للمعادن وغيرها - فهذه الخرائط ضرورية في حالة البحث عن أماكن المعادن والبتروول والغازات الطبيعية والخامات المختلفة وتعرف حينئذ بالخرائط الجيولوجية.
- ٤- تخطيط الطرق والمدن والمطارات وتآكل التربة ومقاومة الفيضانات واختيار مواقع أبراج نقل التيار الكهربائي ذي الجهد العالي.
- ٥- تعتبر الأساس الأول لإنشاء خرائط ذات مقياس كبير لأجزاء المنطقة.

ثانياً - الخرائط التفصيلية (كادستريالية) (Cadastral Maps)

وهي خرائط توضح حدود وتفاصيل الملكيات الزراعية والعقارية وتسمى عادة في مصر الخرائط التفصيلية ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ بخرائط تفريد المدن بينما تسمى الخرائط التفصيلية ١ : ٢٥٠٠ بالخرائط الزراعية أو خرائط فك الزمام.

وتستعمل الخرائط التفصيلية في أغراض عديدة منها :

- ١- تحديد ملكيات الأراضي الزراعية والعقارات .
 - ٢- تحديد الضرائب المستحقة على التزامات والأموال.
 - ٣- تقسيم الأراضي والملوكيات وتعديل الحدود بين الملكيات المختلفة.
 - ٤- التخطيط النهائي للمشاريع وتفصيلاتها.
- وبالإضافة إلى هذين النوعين من الخرائط توجد وتعمل خرائط أخرى أنواعها كثيرة لأغراض خاصة فهناك خرائط جيولوجية وجغرافية وخرائط جيوفيزيائية وخرائط ملاحية وغيرها وسنقتصر في هذا المجال ونحن بصدد المساحة المستوية على النوعين وهما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية.
- وسوف نتناول بالشرح في هذا الباب أهم المتطلبات اللازمة للخرائط المساحية مثل مقياس الرسم اللازم لعمل الخريطة وطرق رسم وتكبير وتصغير ونسخ الخرائط وانكماش الخرائط وترتيب الخرائط بالنسبة لبعضها وغيرها من الموضوعات الهامة والخاصة بالخرائط المساحية.

مقياس الرسم للخريطة

من الطبيعي أنه لا يمكن رسم خرائط لمناطق معينة بأبعادها الطبيعية ولذلك تصغر هذه الأبعاد بنسبة ملائمة تتوقف على :

- ١- نوع الخريطة من حيث الغرض التي تنشأ من أجله.
- ٢- أهمية العمل المراد إنشاء الخريطة له.

٣- أبعاد اللوحة التي ترسم عليها الخريطة.

ولذا يجب تحويل الأبعاد في الطبيعة إلى نسبة معينة منها تسمى بمقياس رسم الخريطة أو مقياس الرسم. أي أن مقياس الرسم هو النسبة الثابتة بين طول أي بعد على الخريطة والطول المقابل له في الطبيعة.

أنواع المقاييس،

المقاييس المستخدمة عادة في الخرائط المساحية نوعان:

(أ) عددية

(ب) تخطيطية.

أ- المقياس العددي،

هو نسبة ثابتة وبين بكسر اعتيادي بسطه الواحد ومقامه العدد الدال على مقدار الطول الطبيعي المساوي له فإذا كان لدينا بعد بين نقطتين في الطبيعة هو ٤٠ متراً بينما هو في الخريطة ١ سم = ٤٠ متر ويكون مقياس الرسم هو ١:٤٠٠٠ كنسبة وأحياناً $\frac{1}{4000}$ ككسر اعتيادي

وقياساً على هذا فنجد مقاييس مختلفة مستعملة مثل : $\frac{1}{1000}$ ، $\frac{1}{5000}$ ، $\frac{1}{10000}$ أو ١ : ١٠٠ ، ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٠ وهكذا .

ب- المقياس التخطيطي،

لتعيين الأطوال على الخريطة لا بد لنا من إجراء عمليات حسابية من الأطوال في الطبيعة - لذلك يمكننا الاستغناء عن العمليات الحسابية كل مرة وذلك برسم مقياس الرسم للخريطة بطريقة معينة وتعين منه الأطوال مباشرة وسمى المقياس في هذه الحالة بالمقياس التخطيطي ومزاياه كثيرة وهي:

١- أسهل من المقاييس العددية وخصوصاً إذا كانت القطعة المراد رسمها تتكون من خطوط كثيرة.

٢- تسهيل العمل وتوفير الوقت وقلة الخطأ.

٣- يرسم المقياس في أسفل الخريطة وبذا يتلاشى تأثير التمدد والانكماش على الأطوال المعينة بالمقياس التخطيطي إذ أن المقاييس العددية لا تعطي نتائج صحيحة عند قياس أى بعد على الخريطة وتحويله إلى البعد المقابل في الطبيعة نظراً لما يطرأ على الخريطة من التمدد أو الانكماش في حين أن المقياس التخطيطي يكون تحت نفس العوامل والظروف المؤثرة على الخريطة نفسها.

وتنقسم المقاييس التخطيطية إلى قسمين:

مقاييس طولية بسيطة ومقاييس شبكية.

أولاً - المقاييس البسيطة الطولية،

سنبين هذا النوع من المقاييس التخطيطية بالأمثلة التالية.

مثال ١:

ارسم مقبلاً بسيطاً $\frac{1}{100000}$ ليبين ٢ متر

الحل:

هذا المقياس معناه أن وحدة طول على هذه الخريطة تقابل ١٠٠٠ وحدة من هذا الطول في الطبيعة أى أن:

١ سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة ١٠٠٠ سم

بمعنى أن:

١ سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة ١٠ م.

نرسم خطاً مستقيماً بطول مناسب ونأخذ عليه عدة أقسام متساوية ، طول كل قسم منها ١ سم ويكتب عليها ما تساويه في الطبيعة وهو ١٠ م.

ومقياس الرسم هذا يكون أصغر قسم يمكن معرفته هو ١٠ متر ولكنه مطلوب مقياس ليبين ٢ متر ولذلك نأخذ القسم الموجود على اليسار ونقسمه إلى ٥ أجزاء. كل منها يساوي ٢ متر كما هو موضح في شكل (٥٣).



شكل رقم (٥٣)

مثال ٢،

ارسم مقياس بسيط ١ : ٢٥٠٠ يقرأ ١٠ قصبات.

الحل

١ قصبة يقابلها في الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة.

٣٥٥ متر يقابلها في الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

٣٥٥ سم يقابلها في الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

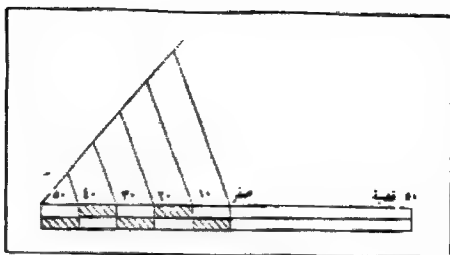
٣٥٥ سم يقابلها في الطبيعة ٢٥ قصبة

٧١ سم يقابلها في الطبيعة ٥٠ قصبة.

وبلاحظ أننا لم نقف عند الحد ٣٥٥ سم يقابلها في الطبيعة ٢٥ قصبة بل

أخذنا الحد ٧١ سم يقابلها في الطبيعة ٥٠ قصبة وذلك لعدم إمكان تقسيم

٣٥٥ أو رسمها بالمسطرة العادية.



شكل رقم (٥٤)

وعلى هذا نرسم خطاً مستقيماً نأخذ عليه الطول ٧.١ سم مرتين كل مرة تمثل ٥. قصبة وتقسم أحد هذين القسمين إلى أقسام متساوية كل قسم يعين ١.٠ قصبات كما هو موضح في شكل (٥٤).

وحيث أنه لا يمكن تقسيم طوله ٧.١ سم إلى ٥ أقسام باستعمال المسطرة لذلك نستعمل الطريقة الهندسية المعروفة وهي أننا نرسم أي خط من أحد طرفي الجزء الأخير وتأخذ عليه ٥ أطوال متساوية معروفة ٢ سم ونصل نهايتها بنهاية الجزء ونرسم موازيات لهذا الخط من نقط التقسيم للخط لنحصل على نقط التقسيم المطلوبة.

ثانياً: المقياس الشبكي: Diagonal Scale

يستعمل هذا المقياس لنفس الغرض الذي يستعمل له مقياس الرسم البسيط إلا أنه يمكننا بواسطته تعيين الأطوال القصيرة التي لا يمكن تعيينها بواسطة المقياس البسيط وذلك في الحالات التي لا يمكن فيها تقسيم القسم الذي على يسار الصفر إلى العدد المطلوب من الأقسام.

مثال ١،

انشئ مقياس رسم ١:٢٠٠٠ يبين أمتار صحيحة .

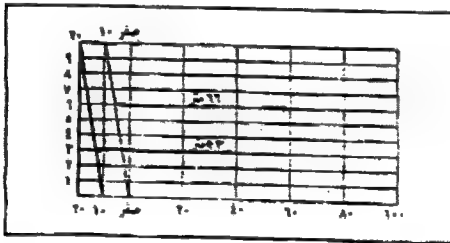
الحل،

١ متر فى الخريطة يقابلها فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر

١٠٠ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر.

١ سم يقابله فى الطبيعة ٢٠ متر.

ونرسم مستقيماً أفقياً على الخريطة ونقسمه إلى أقسام رئيسية متساوية كل منها يساوى ١ سم وبين ٢٠ متر فى الطبيعة ونبين الأبعاد المقابلة لها ابتداء من صفر ، ٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠ وهكذا ونأخذ قسماً على يسار الصفر قيمته ٢٠ متراً وهو يساوى فى الخريطة ١ سم وحيث أن المطلوب أن يبين المقياس حتى ١ متر لنا يجب تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم ، ولكن من البديهي أنه لا يمكن تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم بدقة. لذلك تقسم الجزء الأساسى إلى قسمين كل منها يساوى ١٠ أمتار ثم نقيم على المقياس الأساسى أعمدة من النقاط الأساسية للجزء الذى على



شكل رقم (٥٥)

يسار الصفر وتأخذ عليه ١٠ أبعاد متساوية ، ونرسم منها خطوط موازية للمقياس الأساسي ثم نصل قطري المستطيلين المكونين في القسم الذي على يسار الصفر ، ويحصر القطر المائل المجاور للخط الرأسى عند الصفر مسافات على الخطوط المتوازية تكون على الترتيب من أسفل إلى أعلى ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر وهكذا كما هو موضح في شكل (٥٥).

ويلاحظ في هذا المثال أنه يمكن التحكم في أقل وحدة على المقياس الرئيسى وعلى ذلك يمكن تحديد عدد الأقسام الرأسية لكي يمكن الحصول على أقل قراءة من العلاقة:

$$(١٨) \quad \frac{\text{أقل وحدة على المقياس الرئيسى}}{\text{أقل قراءة مطلوبة}} = \text{عدد الأقسام الرأسية}$$

مثال ٢،

ارسم مقياساً تخطيطياً ١:١٠٠٠ يقرأ ١ ذراع معمارى وبين القراءة (٣٩، ٦٤).

الحل،

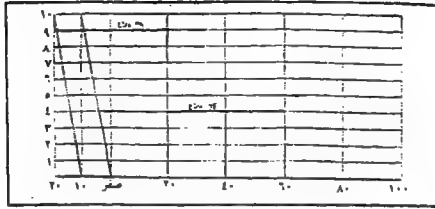
١ ذراع على الخريطة يقابلها في الطبيعة ١٠٠٠ ذراع.

٧٥ سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة ١٠٠٠ ذراع.

٧٥ سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة ١٠٠ ذراع.

١٥ سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة ٢٠ ذراع

ولذا نرسم خطاً مستقيماً وتأخذ عليه أقسام رئيسية طول كل منها ١٥ سم لتبين ٢٠ ذراع في الطبيعة كما في شكل (٥٦) مع اعتبار أخذ القسم الذي على يسار الصفر لتقسيمه إلى قسمين كل منها ١٠ أذرع . والآن لتعيين الأقسام الرئيسية وعددها نجد أن:



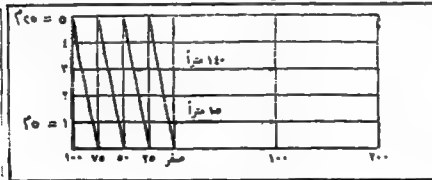
شكل رقم (٥٦)

عدد الأقسام الرأسية = أقل قراءة / أقل وحدة = $\frac{10}{1} = 10$ أقسام
ولذا تتبع نفس الخطوات التي في المثال السابق ونصل قطري المستطيلين
لنحصل على أقل قراءة وهي ١ ذراع.
مثال ٢:

ارسم مقياس شبكي ١:٥٠٠٠ يقرأ ٥ متر ويبين عليه القراءتين ١٠٥ متراً و
١٤٠ متراً.

الحل:

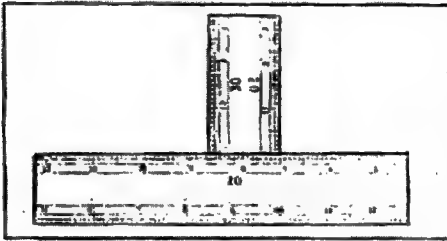
تتبع نفس الخطوات السابقة لإتمام المقياس كما هو موضح في شكل (٥٧).



شكل رقم (٥٧)

رسم وإعداد الخرائط

عندما يشرع فى رسم خريطة لمنطقة ما يجب أن يختار المقياس المناسب لفرض الخريطة ثم يرسم هيكل المنطقة مع بيان موضع النقط برسم دوائر عليها وتوقع على الخريطة الأبعاد والإحداثيات المأخوذة أثناء عملية التحشيب ولهذا الغرض تستعمل مسطرة تعرف بمسطرة الإحداثيات طولها ٦ سم ومقسمة ومدرجة بالأمتار حسب مقاييس رسم مختلفة وتنزلق على حافتها مسطرة منطبقة على الخط المراد رسم التفاصيل عليه (شكل ٥٨). ثم توصل النقط أثناء الرسم بعضها ببعض لإظهار التفاصيل المطلوبة ثم تحبر الخريطة بعد إتمامها مع مراعاة رسم اتجاه الشمال عليها، وتظهر التفاصيل فى اللوحة وفقاً للاصطلاحات المتبعة فى مصلحة المساحة وبذا يسهل فهم الخريطة والوقوف على تفاصيلها كما تلون أجزاءها طبقاً لدلالاتها بالألوان المتفق عليها فى مصلحة المساحة.



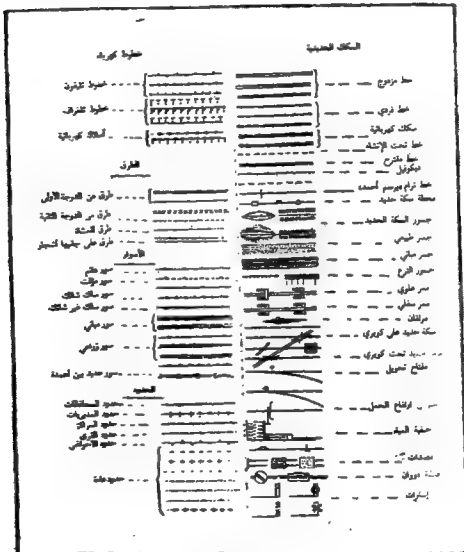
شكل رقم (٥٨)

الإشارات الاصطلاحية

حتى نستطيع توقيع وإبراز أكبر كمية ممكنة من المعلومات والتفاصيل على الخريطة لابد من إختيار طريقة سليمة وواضحة وسهلة التمييز للتعبير عن الأماكن المختلفة والمباني والإنشاءات وخطوط الحدود والكبارى والطرق وغيرها - ولذلك

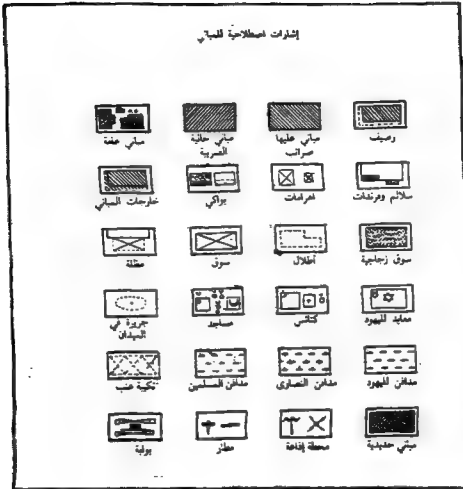
لا بد من معرفة هذه الإشارات والإصطلاحات التي وضعتها الهيئات المساحية في البلاد مختلفة (مصلحة المساحة في مصر) - حتى يمكن قراءة الخريطة وفهم ما تدل عليه بأسرع ما يمكن.

وتحوى الخرائط عادة (في ركن من أركانها) على جدول يبين الاصطلاحات الموجودة في الخريطة ومدلولها . والأشكال (٥٩ ، ٦٠) تبين بعض الاصطلاحات المتبعة في رسم الخرائط.



شكل رقم (٥٩)

إشارات اصطلاحية للمباني



شكل رقم (١٠)

نسخ الخرائط

كثيراً ما يستدعي الأمر الحصول علي أكثر من نسخة واحدة ولذلك تنسخ الخرائط لإمكان تبادلها بإحدى الطرق الآتية:

١- دفتر القبط،

من واقع دفتر القبط ومن البيانات الموجودة به والمأخوذة أثناء عملية التفريد يمكن رسم نسخ أخرى من الخريطة وهذه الطريقة غير عملية وتستخدم إذا أريد عمل نسخة واحدة فقط بمقياس رسم آخر.

٢- التقسيم إلى مثلثات أو مربعات:

تقسم الخريطة إلى مثلثات إذا كانت أغلب رسوماتها خطوطاً مستقيمة ثم تنقل هذه المثلثات على النسخة المطلوبة بواسطة الفرجار. وتنقل معها تقاطع الحدود مع أضلاع المثلثات.

وعالماً ما تقسم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة ومقياس الرسم وكثرة التعاريف بالخريطة. ثم ترسم مربعات مماثلة على الخريطة الجديدة وتنقل تقاطع الحدود مع أضلاع المربعات إلى الخريطة الجديدة في المواضع المقابلة لها.

٣- التصوير والطبع والتصوير الفوتوغرافي:

هي أحسن وأحدث الطرق المستخدمة في النسخ فيتم تصوير الخريطة على ورق حساس ويمكن منه طبع العدد اللازم من النسخ - وفي التصوير الفوتوغرافي تؤخذ صورة الخريطة بألة تصوير على لوح سالب زجاجي ومنه يمكن طبع واستخراج النسخ اللازمة.

تكبير وتصغير الخرائط:

كثيراً ما نحتاج إلى تكبير الخريطة للحصول على بعض التفاصيل الدقيقة أو لتوقيع بعض المشاريع الهامة عليها ومعنى هذا أننا نريد الحصول على خريطة بمقياس أكبر حتي يتسنى لنا العمل الدقيق والتخطيط المتقن - وفي بعض الأحيان نحتاج لضم بعض الخرائط ذات المقاييس الكبيرة لمناطق متجاورة ولذا فتصغر الخرائط بمقياس الرسم المناسب كما يحدث كثيراً في عمليات حصر الأراضي والزرعات.

ويتم تكبير أو تصغير الخرائط بإحدى الطرق الآتية:

١- من واقع دفاتر الغيظ،

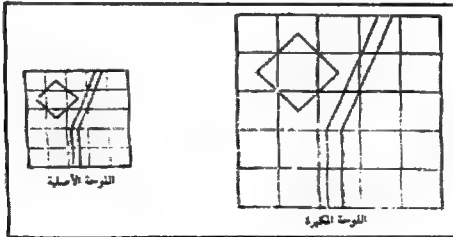
من واقع البيانات الموجودة بدفتر الغيظ والمأخوذة في عمليات التفريد تنسخ خريطة جديدة ولكن بمقياس الرسم الجديد المطلوب وبالطبع فهذه الطريقة ليست عملية.

٢- باستخدام المربعات،

بتنقسم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة وكثرة التعاريج ثم ترسم مربعات جديدة النسبة بين أطوال أضلاعها وأطوال أضلاع المربعات الأصلية هي النسبة بين مقياس الرسم الأصلي والمقياس المطلوب وتنقل تقاطع الحدود والنقط داخل المربعات الجديدة المناظرة كما في شكل (٦١) .

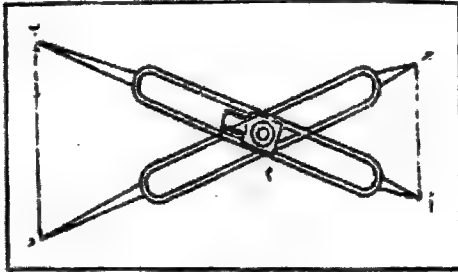
٣- فرجار التناسب،

يستعمل فرجار التناسب في تكبير وتصغير الخرائط وهو عبارة عن ساقين معدنيتين أب ، ج د ينتهي طرف كل منها بمن مدبب وفي وسط كل منها مجرة تتحرك فيه قطعة معدنية ذات ثقب عند المحور ومركب عليه صامولة ووردتان



شكل رقم (٦١)

شكل (٦٢) ويمكن ربط الصامولة بالضغط على الوردتين والساقين ويوجد في وجه كل من الساقين على جانبي المجرة تقاسيم مدرجة لكي تعطي النسبة المطلوبة للتكبير أو التصغير.



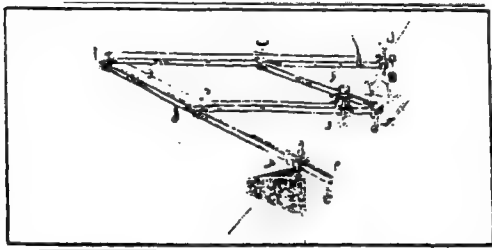
شكل رقم (٦٢)

ونظرية فرجار التناسب أن الساقين يصحان رافعة محور ارتكازها السمار (م) ويمكن تغيير موضع الارتكاز فتتغير تبعاً لذلك كلا الساقين أ ج ، ب د والنسبة بينهما . ولاستعمال فرجار التناسب في تكبير خريطة ما بنسبة ٣:١ مثلاً نحرك القطعتين معاً على المجرة وتجعل العلامة المحفورة على القطعة المعدنية على الخط المرقوم ٣ وتربط الصامولة وتأخذ الأبعاد من الخريطة الموجودة بالسنتين الصغيرتين أ ج وتوقع على الخريطة الجديدة ذات المقياس الأكبر بواسطة السنتين الكبيرتين ب د .

٤- الياباتوجراف:

هو جهاز يمكن بواسطته تكبير وتصغير الخرائط بسرعة ودقة شكل (٦٣) وهو

عبارة عن أربعة أنابيب معدنية متصلة ببعضها اتصالاً مفصلياً عند النقط أ ، ب ، ج وبعث يكون الشكل أ ب ج د عبارة عن متوازي أضلاع أو معين في أى وضع من أوضاع الجهاز.



شكل رقم (٦٢)

ويوجد على امتداد الضلع أ د النقطة (هـ) وهي عبارة عن ثقل يتحرك عليه هذا الضلع ويطلق عليه القطب.

والنقطة (و) عبارة عن راسم ينتهى بقلم صلب أو بقلم رسم، والنقطة (ل) تقع على امتداد الضلع أ ب هي أيضاً راسم ينتهى بقلم صلب أو بقلم رسم. والساقان أ د ، د و مدرجان بتقاسيم خاصة تعطى نسباً للتكبير أو التصغير بحيث إذا ثبتنا كل من الراسم (و) والثقل (هـ) على نسبة معينة من هذه التقاسيم فإن النقط هـ ، و ، ل تكون على استقامة واحدة. ويكون لدينا في شكل (٦٣).

$$\frac{و هـ}{ل هـ} = \frac{و د}{ل أ} = \frac{د هـ}{أ هـ}$$

ويستعمل الجهاز بتثبيت الشقل عند القطب ه ويركب في الراسان (و) ، (ل) قلم صلب في أحدهما وقلم الرسم في الآخر ويمرر القلم الصلب الموجود في (و) حول محيط الشكل الأصلي ليرسم قلم الرسم في (ل) شكلاً مماثلاً للشكل الأول مكبراً بالنسبة المطلوبة.

ونلاحظ أنه إذا استعمل هذا الجهاز للتصغير فإننا نضع القلم الصلب في (ل) ويكون قلم الرسم عند الراسم (و).

فمثلاً إذا كان لدينا خريطة بمقياس رسم ١:٢٠٠ ويراد تصغيرها إلى مقياس رسم ١:٥٠٠ فنجد أن:

$$\frac{١}{٢,٥} = \frac{٢٠٠}{٥٠٠} = \frac{د}{ل} = \frac{هـ}{هـ أ}$$

فيثبت الراسم (و) والشقل (هـ) على النسبة ١:٢٥٠ فنجد أن هـ ، و ، على استقامة واحدة وتوضع الخريطة ذات المقياس ١:٢٠٠ عند الموضع (ل) ويوضع قلم الصلب في الراسم (ل) وقلم الرسم في الراسم (و) ويتحرك السن (ل) حول محيط الخريطة نحصل في الوضع (و) على خريطة جديدة بمقياس الرسم المطلوب وهو ١:٥٠٠.

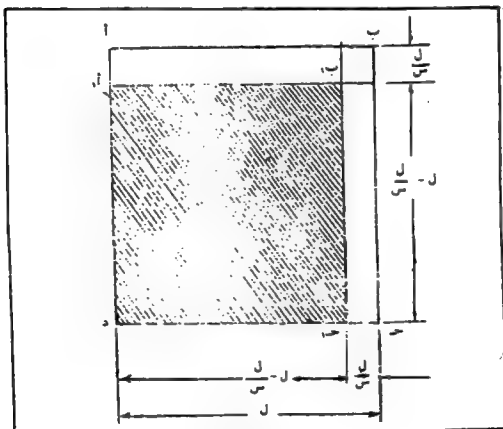
وللباتوجراف أشكال متعددة غير أنها متفقة جميعها في نظرية تشغيله.

إنكماش الخرائط:

غالباً ما ينكمش أو يتمدد ورق الرسم المرسوم عليه الخرائط المساحية وذلك نظراً لاختلاف درجات الحرارة والرطوبة في الجو، وعلى هذا الأساس يحدث إنكماش أو تمدد في الخرائط نفسها - وتكون المقاسات صحيحة إذا كانت مأخوذة بمقياس رسم تخطيطي مرسوم على الخريطة إذ أن المقياس يتغير بنفس النسبة التي يتمدد أو ينكمش بها الورق والرسم الموقع عليه. أما إذا استعملت مسطرة أو مقياس عادي فإن المقاسات المأخوذة تكون عرضة للخطأ لذا وجب تصحيح المساحات والأبعاد التي تقاس من الخرائط حتى نحصل على الأبعاد

والمساحات الحقيقية ويتم ذلك برسم خط واحد في الخريطة يكتب طولُه وبذا يمكن تعيين مقدار الانكماش أو التمدد الذي يحدث فيه في أى وقت وعليه يمكن حساب الطول الصحيح لأي خط أو المسافات الحقيقية.

فإذا فرض أن معامل الانكماش $\frac{1}{S}$ وهذه النسبة تساوى نسبة انكماش خط على الورقة إلى طول الأصلى وهى لا تتعدى $\frac{1}{4}$ فإن خط طول ل ينكماش بمقدار $\frac{L}{S}$ ، وإذا كان لدينا خريطة على مربع طول ضلعه الحقيقى هو ل ، فيكون مقدار الانكماش في مساحة الخريطة مساوياً للمساحة الحقيقية مطروحاً منها المساحة بعد الانكماش شكل (٦٤).



شكل رقم (٦٤)

$$\left(\frac{J}{S} - J \right)^2 = \text{المساحة بعد الانكماش}$$

$$\frac{J^2}{S} + \frac{J^2}{S} - J^2 =$$

وبإهمال الحد الأخير $\frac{J^2}{S}$ لصفه تكون المساحة بعد الانكماش مساوية:

$$\left(\frac{J}{S} - 1 \right)^2 J^2 = \frac{J^2}{S} - J^2 = \text{المساحة بعد الانكماش}$$

المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١- ضعف معامل الانكماش) (١٩)

مثال ١١

خط طوله ٢٠ سم قيس على الخريطة فوجد ١٩,٩٥ سم وقيست مساحة قطعة أرض على نفس الخريطة فوجدت ١٦٠٠٠ م^٢ - ما هي المساحة الحقيقية؟

الحل:

$$\frac{1}{400} = \frac{0.05}{20} = \frac{19.95 - 20}{20} = \text{معامل الانكماش}$$

المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١- ضعف معامل الانكماش)

$$\left(\frac{1}{400} - 1 \right) 16000 = \text{المساحة الحقيقية}$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{16000}{0.995} = 16080.4 \text{ متراً مربعاً}.$$

مثال ٢:

في خريطة مقياس رسمها ١:٢٠٠٠ لوحظ أن خط كان ٤٠ سم عند رسمها صار ٣٩٨٠ سم فإذا قدرت مساحة قطعة أرض في هذه الخريطة فكانت ٩٠ سم^٢. أوجد المساحة الحقيقية لهذه الأرض بالفدان وكسوره.

الحل:

المساحة الموجودة على الخريطة ٩٠ سم^٢ وتعادل مساحة في الطبيعة قدرها.

$$36000 \text{ متر مربع} = \frac{2(2000)}{100 \times 100 \times 1} \times 90.$$

$$\text{معامل الإنكماش} = \frac{2}{100} = 0.02$$

$$\text{الخطأ الناتج عن الإنكماش} = 36000 \times 0.02 \times 2 = 1440 \text{ م}^2$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = 36000 + 1440 = 37440 \text{ متر مربع}.$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{37440}{4200} = 8.914 \text{ فدان تقريباً}.$$

ترتيب الخرائط

هناك عدة طرق لترتيب الخرائط حسب مقاييس رسمها وأنواعها وأغراضها وذلك حتى يمكن الاستدلال عليها سريعاً وكذلك لمعرفة موضعها بالنسبة إلى مجموعة من الخرائط الأخرى. وسوف نتعرض إلى ترتيب الخرائط في مصر حيث توجد طريقتان أساسيتان لترتيب الخرائط الزراعية والتفصيلية والطوبوغرافية وهما طريقة الاتجاه وطريقة الكيلومتر:

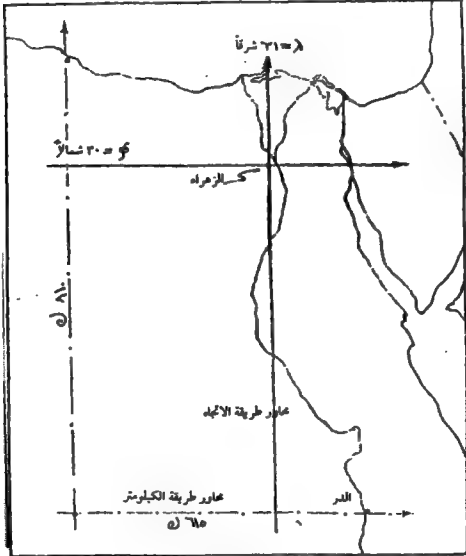
أولاً : طريقة الاتجاه :

وقد استغنت مصلحة المساحة عنها وإن كانت بعض الخرائط المرتبة على هذا الأساس مازالت تحت التداول.

ومقاييس رسم هذه الخرائط هي :

١ : ١٥٠.٠٠٠ : ١ : ٢٥٠.٠٠٠ : ١ : ١٠.٠٠٠ : ١ : ٢٥٠.٠٠٠

والخرائط المرسومة بالمقياسين الأخيرين مازالت متداولة حتى الآن.



شكل رقم (٦٥)

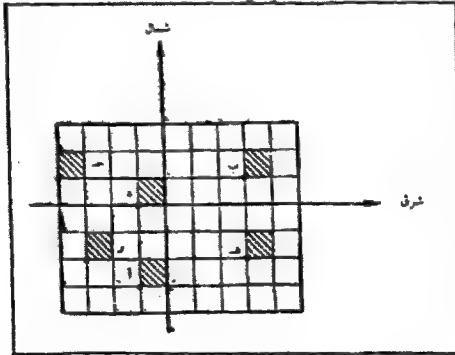
ثانياً، طريقة الكيلومتر

وهي الطريقة المستخدمة حالياً في مصلحة المساحة لسهولتها وعلى هذا فإن المناطق التى تعمل لها خرائط كيلومترية تلتفى خرائطها الاتجاهية، والخرائط المرتبة بهذه الطريقة هي ذات مقاييس رسم:

$$١ : ١٠٠.٠٠٠ ، ١ : ٥٢.٠٠٠ ، ١ : ٣٢.٥٠٠ ، ١ : ١٠.٠٠٠ ، ١ : ٥.٠٠٠ .$$

طريقة الاتجاه،

وفى هذه الطريقة اختير محورين أحدهما رأسى يمر بالشمال والجنوب بخط طول ٣١° شرقاً والآخر أفقى ويمر بالشرق والغرب بخط عرض ٣٠° شمالاً ويتقابل المحوران عند نقطة تبعد ١٢ كيلومتراً غرب الهرم الأكبر وتسمى هذه النقطة بالزهراء شكل (٦٥) وقد ألفت هذه الطريقة بالنسبة للمقاييس ١ : ٥٠.٠٠٠ ، ١ : ٢٥.٠٠٠ وأما الخرائط مقاييس ١ : ١٠.٠٠٠ ، ١ : ٢.٥٠٠ فطريقة الترتيب فيهما كالتالى:



شكل رقم (٦٦)

خريطة مقياس رسم ١:١٠٠٠٠

رتبت لوحات هذا المقياس بالنسبة للمحورين بأن تسمى اللوحة بإحداثيات الركن الجنوبي الغربي للوحة (الركن الأسفل إلى اليسار) ثم ثانياً باسم الربع الواقع فيه اللوحة فمثلاً في شكل (٦٦) نجد أن:

اللوحة أ : ١ - ٣ جنوب غرب ، اللوحة ب : ٣ - ١ شمال شرق

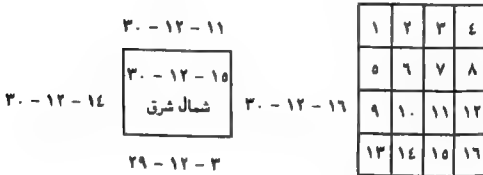
اللوحة ج : ٤ - ١ شمال غرب ، اللوحة د : ١ - ٤ صفر شمال غرب

اللوحة هـ : ٣ - ٣ جنوب شرق ، اللوحة و : ٣ - ٢ جنوب غرب

(وبلاحظ هنا أن الكتابة تكون بذكر الإحداثي الأفقي ثم الرأسى للركن الأسفل إلى اليسار في اللوحة ثم الربع الواقعة في اللوحة).

خريطة بمقياس ١:٢٥٠٠٠

اللوحة المرسومة بمقياس ١:٢٥٠٠٠ ترسم في ١٦ لوحة من نفس الحجم بمقياس ١:٢٥٠٠ وعلى هذا الأساس فإن كل لوحة من لوحات ١:٢٥٠٠٠ تحتوي على ١٦ لوحة من مقياس ١:٢٥٠٠ مرقمة بأرقام من ١ إلى ١٦ مرتبة كما في شكل (٦٧).



شكل رقم (٦٧)

وكل خريطة من خرائط مقياس ٢٥٠٠:١ تسمى كما يلي:

أولاً - رقم الخريطة مقياس ١:١٠٠.٠٠٠ والحاوية للخريطة ١:٢٥٠.٠٠٠ فمثلاً إذا كانت اللوحة ١:١٠٠.٠٠٠ الحاوية لها رقمها ١٢-٣٠ شمال شرق ورقم الخريطة ١:٢٥٠.٠٠٠ هو ١٥ فيكون اسم اللوحة هو ١٥ - ١٢ - ٣٠ شمال شرق ، ولسهولة معرفة اللوحة المجاورة لأي لوحة من لوح ١:٢٥٠.٠٠٠ لطلبها عند الحاجة نكتب على الخريطة من الجهات الأربع أرقام اللوح المجاورة لها كما مبين في شكل (٦٧).

طريقة الكيلومتر:

أساس هذه الطريقة هو اختيار محورين أحدهما رأسى يمر بمدينة السلوم على أساس أنها حدود مصر الغربية والآخر أفقى يمر بمدينة الدر (جنوب أسوان) شكل (٦٥) على أساس أنها حدود الأراضي الزراعية جنوباً ونقطة تلاقيهما تعتبر نقطة الأصل وتغطي كل خريطة مساحة معينة بطول وعرض معينين.

وبمعرفة رقم الخريطة يمكن الاستدلال على مواقع الخريطة بالنسبة لأراضى الجمهورية والإحداثيات كلها موجبة وقد غطيت المناطق كلها بخرائط مختلفة المقياس والجدول الآتى يبين الخرائط المختلفة والمساحة المغطاة بكل خريطة (أبعاد الخريطة ٦٠ سم X ٤٠ سم لجميع المقاييس).

المقياس	طول النطقة كم	عرض النطقة كم
١ : ١٠٠٠٠٠	٦٠,٠	٤٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠٠	١٥,٠	١٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠	١,٥	١ فلك الزمام (زراعية)
١ : ١٠٠٠	٠,٦٠	٠,٤٠ (تفريد مدنى صغيرة)
١ : ٥٠٠	٠,٣٠	٠,٢٠ (تفريد مدنى كبيرة)

وفيما يلى خرائط الكيلومتر بمقاييسها المختلفة:

الخرائط الطبوغرافية ١:١٠٠٠٠٠

تبين هذه الخريطة تفاصيل وطبوغرافية منطقة طولها ٦٠ كم شرقاً وغرباً وعرضها ٤٠ كم شمالاً وجنوباً ورقم أى لوحة منها عبارة عن كسر اعتيادي (بسطه) هو الإحداثي الرأسى للركن الجنوبي الغربى (بعشرات الكيلومترات) (ومقامه) هو الإحداثي الأفقى لهذا الركن (بعشرات الكيلومتوات) أيضاً.

فاللوحة $\frac{٣٤}{٤٦}$ معناها أنها اللوحة التى ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقى مسافة ٣٤٠ كيلومتر وعن المحور الرأسى ٤٦٠ كيلومتر.

مثال،

ما هى الخرائط المجاورة للخريطة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٢٤}{٣٨}$

الحل،

الخريطة العليا رقم $\frac{٢٨}{٣٨}$	الخريطة السفلى رقم $\frac{٢٠}{٣٨}$
الخريطة اليسرى رقم $\frac{٢٤}{٣٢}$	الخريطة اليمنى رقم $\frac{٢٠}{٤٤}$

الخرائط الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠٠

هذه الخرائط تبين تفاصيل وطبوغرافية منطقة طولها ١٥ كم شرقاً وغرباً وعرضها ١٠ كم شمالاً وجنوباً ويبين رقم أى لوحة منها على هيئة كسر اعتيادي (بسطه) الإحداثي الرأسى للركن الجنوبي للوحة (بعشرات الكيلومترات) (المقام) الإحداثي الأفقى لهذا الركن (بالكيلومترات) فاللوحة ٣٠٠/٨٠ معناها أنها اللوحة التى يبعد ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقى ٨٠٠ كيلومتر وعن المحور الرأسى ٣٠٠ كيلومتر.

$\frac{٨١}{٢٨٥}$	$\frac{٨١}{٣٠٠}$	$\frac{٨١}{٣١٥}$
$\frac{٨٠}{٢٨٥}$	$\frac{٨٠}{٣٠٠}$	$\frac{٨٠}{٣١٥}$
$\frac{٧٩}{٢٨٥}$	$\frac{٧٩}{٣٠٠}$	$\frac{٧٩}{٣١٥}$

شكل رقم (٦٨) دليل الخريطة $\frac{٨٠}{٣٠٠}$

ولا تكتب أرقام اللوحة المجاورة حول الخريطة بل توضع دليل أسفل الخريطة والدليل عبارة عن الثماني لوحات المجاورة للوحة الأصلية.

ونلاحظ أن الفرق في البسط هو الوحدة دائماً والوحدة هنا بعشرات الكيلومترات بينما المقام فالفرق فيه هو ١٥ أى ١٥ كيلومتر وهو طول اللوحة وشكل (٦٨) يبين دليل الخريطة ١: ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٠}{٣٠٠}$

وشكل (٦٩) يبين اللوحة $\frac{٨٨}{٥٣٠}$ الطبوغرافية وكذلك الخرائط الثمانية المحيطة بها فى الدليل.

$\frac{٨٩}{٥١٥}$	$\frac{٨٩}{٥٣٠}$	$\frac{٨٩}{٥٤٥}$
$\frac{٨٨}{٥١٥}$	$\frac{٨٨}{٥٣٠}$	$\frac{٨٨}{٥٤٥}$
$\frac{٨٧}{٥١٥}$	$\frac{٨٧}{٥٣٠}$	$\frac{٨٧}{٥٤٥}$

$\frac{٨٨}{٥٣٠}$

الدليل

شكل رقم (٦٩) دليل الخريطة $\frac{٨٨}{٥٣٠}$

الخريطة الزراعية ٢٥٠٠:١ (هك الزمام)

وهذه الخرائط الزراعية وهى خرائط الزمام تبين تفاصيل منطقة طولها ١٥ كم شرقاً وغرباً وعرضها ١ كم شمالاً وجنوباً وبذا فإن لوحة ٢٥٠٠:١ تحتوى على ١٠٠ لوحة زراعية وتعطى كل لوحة ترقيم معين يكتب فى الركن العلوى الأيمن منها ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه هو بعد حافة اللوحة الجنوبية عن المحور الأفقى ومقامه هو حافتها الغربية عن المحور الرأسى فمثلاً اللوحة $\frac{٨١٨}{٦٢٥,٥}$ تدل على أن حافة اللوحة السفلى تبعد الدر بمقدار ٨١٨ كيلومتر بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٦٢٥,٥ كم ولتسهيل إيجاد اللوحة تكتب اللوح الأربع المحيطة بها شكل (٧٠).

$$\begin{array}{c} \frac{٨١٩}{٦٢٥,٥} \\ \\ \frac{٨١٨}{٦٢٤} \quad \boxed{\left(\frac{٨١٨}{٦٢٥,٥} \right)} \quad \frac{٨١٨}{٦٢٧} \\ \\ \frac{٨١٧}{٦٢٥,٥} \\ \\ \frac{٨١٨}{٦٢٥,٥} \quad \text{شكل رقم (٧٠) خريطة زراعية}$$

خرائط تفريد المدن ١٠٠٠:١

هى فى الواقع خرائط تفصيليه ونظامها كنظام ٢٥٠٠:١ تماماً غير أن طول اللوحة هو ٦ و٠ كيلومتر وارتفاعها ٤ و٠ كيلومتر: ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه هو بعد حافة اللوحة الجنوبية عن المحور الأفقى ومقامه هو بعد حافته الغربية عن المحور الرأسى فمثلاً اللوحة رقم $\frac{٧٨}{٤٨,٦}$ ألد السفلى لها يبعد عن

الدر مسافة ٨٧ كيلومتراً بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٤٨٦ كيلومتراً. وتكتب اللوح الأربعة المحيطة بهذه اللوحة عليها وذلك لتسهيل إيجاد اللوح المجاورة.

خرائط تضريد المدن ٥٠٠:١

ونظامها كخرائط التضريد ١:١٠٠٠ تماماً غير أن طولها ٠.٣ كيلومتر وعرضها ٠.٢ كيلومتر.

مثال ١:

ما هي الخرائط الأربعة المحيطة باللوحة ٥٠٠:١ رقم $\frac{٥٦,٤}{٢٤}$ ؟

الحل:

$\frac{٥٦,٢}{٢٤}$	الخريطة السفلى رقم	$\frac{٥٦,٦}{٢٤}$	الخريطة العليا رقم
$\frac{٥٦,٤}{٢٤,٣}$	الخريطة اليمنى رقم	$\frac{٥٦,٤}{٢٣,٧}$	الخريطة اليسرى رقم

مثال ٢:

ما هي إحداثيات منتصف اللوحة ١:١٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{١٤,٤}$ ؟

الحل:

$$س = ١٤ر٤ + ٠.٣ = ١٤ر٧ كم$$

$$ص = ٢٨ + ٠.٢ = ٢٨ر٢ كم$$

أمثلة محلولة

مثال ١:

ماهى أرقام اللوح الثمانية المحيطة باللوح الزراعية

$$\frac{٢٠}{٢٦}$$

الحل:

اللوح الثمانية هى:

$\frac{٢١}{٢٤,٥}$	$\frac{٢١}{٢٦}$	$\frac{٢١}{٢٧,٥}$
$\frac{٢٠}{٢٤,٥}$	$\frac{٢٠}{٢٦}$	$\frac{٢٠}{٢٧,٥}$
$\frac{١٩}{٢٤,٥}$	$\frac{١٩}{٢٦}$	$\frac{١٩}{٢٧,٥}$

مثال ٢:

ماهى أرقام اللوح المحيطة باللوح ١-٦-١٣ جنوب غرب ؟

الحل:

اللوح هى:

	١-٦-٩ ج. غ	
١-٧-١٦ ج. غ	١-٦-١٣ ج. غ	١-٦-١٤ ج. غ
	٢-٦-١ ج. غ	

مثال ٣ :

ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية $\frac{65}{275}$ والمساحة التي يحتويها ؟

الحل :

الدليل هو :

$\frac{66}{26.}$	$\frac{66}{275}$	$\frac{66}{29.}$
$\frac{65}{26.}$	$\frac{65}{275}$	$\frac{65}{29.}$
$\frac{64}{26.}$	$\frac{64}{275}$	$\frac{64}{29.}$

والمساحة هي $= 9 \times 10 \times 15 = 1350$ كم مربع

مثال ٤ :

ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{64}{571}$ وما هي المساحة التي يغطيها هذا الدليل ؟

الحل :

الدليل : مبين في شكل (٧١)

مساحة الدليل $= 9 \times 10 \times 15 = 1350$ كم مربع.

$\frac{55}{17.}$	$\frac{55}{185}$	$\frac{55}{20.}$
$\frac{54}{17.}$	$\frac{54}{185}$	$\frac{54}{20.}$
$\frac{53}{17.}$	$\frac{53}{185}$	$\frac{53}{20.}$

الدليل :

شكل رقم (٧١)

دليل الخريطة $\left(\frac{54}{185} \right)$

مثال ٥:

أوجد الخرائط المحيطة باللوحه $\frac{612}{220,5}$ مقياس ١:٢٥٠٠٠.
الحل،

فى شكل (٧٢) مبين أرقام الخرائط المحيطة بالخريطة المذكورة

$$\begin{array}{c}
 \frac{613}{220,5} \\
 \frac{612}{219} \quad \left(\frac{612}{220,5} \right) \quad \frac{612}{222} \\
 \frac{611}{220,5} \\
 \frac{612}{220,5} \text{ شكل رقم (٧٢) خريطة زراعية}
 \end{array}$$

مثال ٦:

ما رقم الخريطة الزراعية ١: ٢٥٠٠ الواقعة فى الطرف الشمالى الشرقى

$$\frac{84}{275} \text{ رقم الخريطة الطبوغرافية ١: ٢٥٠٠٠}$$

الحل،

$$\frac{849}{288,5} \text{ الخريطة ١: ٢٥٠٠ هى رقم}$$

مثال ٧:

بين الخرائط المحيطة بخريطة $\frac{16}{27,5}$ من خرائط فله الزمام - ماذا

تكون الأرقام لهذه الخرائط لو كان هذا الرقم لخرائط تفريد مدن؟

الحل:

$$\begin{array}{l} \text{خراطط فك الزمام :} \\ \frac{17}{27,5} \text{ العليا} \quad \frac{15}{27,5} \text{ السفلي} \\ \frac{16}{29} \text{ اليمني} \quad \frac{16}{25} \text{ اليسري} \end{array}$$

خراطط تفريد مدن ١:١٠٠٠:

$$\frac{16}{26,9} + \frac{16}{28,1} + \frac{15,6}{27,5} + \frac{16,4}{27,5}$$

خراطط تفريد مدن ١:٥٠٠:

$$\frac{16}{27,2} + \frac{16}{17,8} + \frac{15,8}{27,5} + \frac{16,2}{27,5}$$

مثال ٨:

عند شق طريق من نقطة إلى أخرى وجد أن ابتداء الطريق يقع فى الركن الجنوبي الغربى للوحة ١:٢٥٠٠ برقم $\frac{22}{11}$ ونهاية الطريق فى اللوحة ١:٢٥٠٠ $\frac{17}{12}$ عند ركنها الشمالى الشرقى . أوجد طول هذا الطريق.

الحل:

$$\begin{array}{l} \text{إحداثيات أول الطريق س أ ، ص أ = ١١ كم ، ٢٢ كم.} \\ \text{إحداثيات نهاية الطريق س ب ، ص ب = ١٣ر٥ كم ، ١٨ كم} \\ \text{المسافة} = \sqrt{(س أ - س ب)^2 + (ص أ - ص ب)^2} \end{array}$$

$$\sqrt{^2(18-22) + ^2(13,5-11)} =$$

$$\sqrt{= 22,25 = 4,72 \text{ كم}}$$

مثال ٩،

ماهى رقم الخريطة الزراعية ١:٢٥٠٠٠ الموجود فى الركن الأيمن العلوى

$$\frac{97}{64.} \text{ للخريطة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠ رقم}$$

الحل :

إحداثيات الخريطة الزراعية

$$\text{رأسى } 97. = 9 + 97. \text{ كم، أفقى } 64. + 13.5 = 77.5 \text{ كم}$$

$$\frac{979}{77.5} \text{ رقم اللوحة المطلوبة ١:٢٥٠٠٠ هى}$$

مسائل

١- صمم مقياس رسم بسيط ١:٢٥٠٠ يقرأ إلى ١٠ أذرع وآخر شبكى
١:٥٠٠٠ يقرأ لغاية قصبة ونصف وبين على المقياس الطول ٨٧ قصبة.

٢- ارسم مقياسا شبكيا ١:٢٠٠ يقرأ ١٠. من القصبة استعمل المقياس لرسم
قطعة أرض رباعية الشكل أ ب = ٦٤ قصبة ب ج = ٤١ قصبة ، ج د = ٦٣
قصبة ، د أ = ٦٥ قصبة ، د ب = ٧١ قصبة ثم استنتج طول القطر أ ج

٣- خريطة مرسومة بمقياس ١:٤٠٠٠ ارسم مقياس يبين إلى دقة ٥ سم اختر
نوع المقياس (طولي أو شبكى) وبين عليه الطول ٢٧٧ر٨ متر

٤- ارسم مقياس رسم ١:٣٢٠٠ يبين إلى $\frac{1}{16}$ من البوصة . بين على المقياس
الطول $\frac{23}{64}$ قدم.

٥- خريطة مرسومة بمقياس ١:٢٠٠٠ ارسم مقياس رسم لها يبين إلى أقرب
ذراع وربع وبين عليه الطول ٢٥٨ر٧٥ ذراع.

٦- ارسم مقياس شبكى يبين إلى أميال لخريطة مقياسها ١:٧٥٠٠٠ وبين دقة
تصل إلى ٥٠ ياردة.

٧- لوحة مرسومة بمقياس ١:٥٠٠٠ انكشيت بحيث أن خطأ طوله ٥.٨ر٥ أصبح
٥ سم - وكانت مساحة قطعة أرض على هذه الخريطة ٢٤٨ سم ٢ ما هي المساحة
الصحيحة لقطعة الأرض بالأمطار المربعة؟

٨- قيس خط على خريطة بمقياس ١:٢٥٠٠ فكان طوله = ٤٠ سم صار بعد الانكماش ٣٩ سم - فإذا عينت مساحة قطعة أرض عليها بعد الانكماش فكانت ٧٨ سم^٢ - ماهي المساحة الفعلية بالفدان وكسوره؟

٩- ما رقم الخريطة الزراعية ١:٢٥٠٠ الواقعة في الطرف الشمالي الشرقي
للخريطة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠ رقم $\frac{٨٤}{٢٧٥}$

١٠- ماهي الخرائط المحيطة بخريطة $\frac{١٦}{٢٧,٥}$ من خرائط فك الزمام - ماذا تكون الأرقام لهذه الخرائط لو كان هذا الرقم لخرائط تفريد مدن؟

١١- ماهي أرقام اللوح المحيطة باللوح ١٣-٦-٤ جنوب غرب؟

١٢- ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية رقم $\frac{٨٢}{١٩٥}$ والمساحة التي يحويها؟

١٣- ما هي أرقام الخرائط الأربعة المحيطة بالخرائط الآتية:

(أ) الخريطة ٣-١ ج. ق (ب) ١-صفر - ج. ق

(ج) الخريطة $\frac{١٧}{٣١}$ من خرائط فك الزمام وتفريد المدن.

(د) الخريطة ١٤ - ١ - صفر شمال شرق.

(هـ) الخريطة $\frac{١٩٢}{٣١٨}$ (و) الخريطة ١:٢٥٠٠ $\frac{٨٤}{٧٥}$

١٤- كانت رؤوس قطعة أرض أ ب ج د موجودة في الخرائط الآتية:

- (أ) هي مركز الربع الشمالي الشرقي للمخريطة ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{١٠}{٨٢}$
- (ب) هي مركز الخريطة ١:١٠٠٠ رقم $\frac{٩٨}{٨٤}$
- (ج) هي مركز الربع الشمالي الغربي للمخريطة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٧}{١١}$
- (د) هي الزكن الجنوبي الشرقي للمخريطة ١:٥٠٠٠ رقم $\frac{٩٥}{٩٧}$
- عين إحداثيات هذه القطعة بالأمتار.

١٥- طريق مستقيم أ ب النقطة أ واقعة في اللوحة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{٦٤}$ بحيث تبعد عن الحافة العليا للوحة بمقدار ١٠ سم وعن الحافة اليمنى لها بمقدار ١٥ سم والنقطة ب في الزكن الشمالي الغربي للوحة ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٣١٢}{٦٠٦}$ عين رقم اللوحة مقياس ١:٢٥٠٠٠ التي تقع فيها نقطة منتصف الخط أ ب وتكون في مركز الربع الجنوبي الشرقي لها.

١٦- طريق يبدأ من الزكن الجنوبي الغربي للوحة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{١١٠٠}$ ونهايته في اللوحة الطبوغرافية رقم $\frac{٩٦}{١٣٠٠}$ عند ركنها الشمالي الشرقي عين طول وإحداثيات منتصف هذا الطريق.

الباب السادس

المساحة بالتیودولیت

Theodolite Surveying

يستخدم جهاز التیودولیت فی كافة العمليات المساحية التي تحتاج إلى دقة كبيرة فی الأرصاد، فهو يستعمل فی قیاس زوايا المضلعات وتوقيع وتخطيط الأعمال المساحية الخاصة بالمنحنيات وفي كافة أعمال التخطيط والتوقيع. وسوف يقتصر فی هذا الباب على تناول جهاز التیودولیت واستعمالاته فی قیاس الزوايا وكذلك على ترائرس التیودولیت.

التیودولیت :

يستعمل جهاز التیودولیت فی قیاس الزوايا سواء الأفقية أو الرأسية ، وهو يعتبر من أدق الأجهزة المستعملة فی قیاس الزوايا سواء أكانت فی المستوى الرأسی أو المستوي الأفقي، ولذلك فهو يستعمل فی كافة الأعمال المساحية التي تحتاج إلى دقة كبيرة مثل الأرصاد الفلكية ،الميزانيات الجيوديسية والشبكات المثلية كما يستعمل فی قیاس زوايا المضلعات بدرجاتها وأنواعها المختلفة وفي المساحة الطبوغرافية وكذلك لتوقيع المنحنيات وفي القیاس التاكیومتری وكافة أعمال التخطيط والتوجيه الدقیق.

هذا ويمكن تقسيم التیودولیت إلى نوعین رئيسین هما :

١- التیودولیت ذو الوریة ٢- التیودولیت الحدیث.

وسوف يقتصر فی هذا المجال على التیودولیت ذو الوریة .

وقبل تناول التیودولیت ذو الوریة لابد من دراسة الوریات حيث تعتبر جزءاً أساسياً فی جهاز التیودولیت ذی الوریة.

أنواع الورنيات:

الورنية عبارة عن مقياس مساعد مستقيم أو دائري ينزلق على مقياس رئيسي وذلك لتحديد كسور صغيرة من وحدات المقياس الرئيسي بدقة تامة ، وتنقسم الورنيات إلى ثلاثة أنواع أساسية وذلك من حيث التصميم وهي:

١- ورنيات أمامية، وهي التي يكون تدريبها في كافة اتجاه تدرج المقياس الرئيسي.

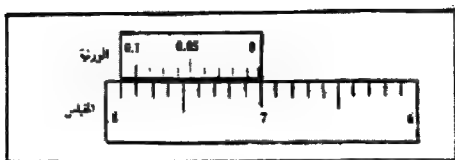
٢- ورنيات خلفية أو عكسية، وهي التي يكون تدريبها في اتجاه مضاد لاتجاه تدرج المقياس.

٣- ورنيات مزدوجة، وهي عبارة عن ازدواج من الورنيات الأمامية تدرج كل منها عكس تدرج الآخر.

والنوع الأول هو الشائع الاستعمال وخصوصاً في الأجهزة المساحية مثل جهاز التبيدوليت وتكون الورنية الأمامية به على هيئة قوس من دائرة وكذلك جهاز البلايستر حيث توجد ورنيتان مستقيمة لتحديد طول الذراع ومقياس وحدات عجلة المقياس .

الورنيات الأمامية:

نفرض أنه لدينا مقياس مقسم إلى وحدات رئيسية وكل وحدة مقسمة إلى عشرة أقسام صغيرة فيكون من السهل تعيين أي طول عليه بالوحدات الصحيحة وأجزائها العشرية - وإذا كان لدينا طول معين تقع نهايته داخل أحد الأقسام الصغيرة فلا يمكن في هذه الحالة تعيين الطول بالضبط - وعندئذ لابد لنا من استعمال الورنية كمقياس مساعد لتحديد هذا الطول تحديداً دقيقاً لذلك بتعيين أجزاء من الأقسام الصغيرة . فإذا أريد بيان أبعاد لغاية $1/10$ من الأقسام الصغيرة للمقياس فتنشأ ورنية بطول يساوي ٩ أقسام صغيرة وتنقسم هذا الطول إلى ١٠ أجزاء متساوية شكل (٧٣)



شكل رقم (٧٢)

فيكون كل جزء منها يساوي $\frac{1}{9}$ من أي قسم من الأقسام الصغيرة ويكون الفرق بين القسم الصغير على المقياس والقسم من أقسام الورنية يساوي $\frac{1}{9}$ من قسم المقياس وهذا يعرف بدقة الورنية.

فيإذا تحركت الورنية على المقياس بحيث انطبق القسم الأول من الورنية على القسم الأول من المقياس فإن صفر الورنية يكون قد تحرك $\frac{1}{9}$ من قسم المقياس وعموماً إذا تحركت الورنية حتى ينطبق (هـ) منها على قسم من أقسام المقياس فإن الورنية تكون تحركت هـ \times قسم الورنية ويكون لدينا

$$(٢٠) \quad \frac{\text{ما تقرأه الورنية}}{\text{دقة الورنية}} = \text{عدد أقسام الورنية الحادث عندها الانطباق}$$

$$(٢١) \quad \begin{aligned} &\text{مكان الانطباق على المقياس} \\ &= \text{ما يعتبه المقياس} + \text{عدد أقسام الورنية الحادث} \\ &\text{عندها الانطباق} \times \text{قيمة أصغر قسم للمقياس} \end{aligned}$$

وبذا يمكن تصميم الورنية الأمامية على النحو التالي:
إذا كان طول أصغر قسم للمقياس هو س ، وطول أصغر قسم على الورنية هو
ص ، وعدد أقسام الورنية هو ن فيكون لدينا:

$$ن ص = (ن - ١) س = طول الورنية.$$

$$ص = \frac{(ن - ١) س}{ن}$$

وإذا كانت دقة الورنية (و) أى أصغر قراءة فيكون:

$$و = س - ص = س - \frac{(ن - ١) س}{ن}$$

$$و = س \left(١ - \frac{ن - ١}{ن} \right)$$

(٢٢)

$$\boxed{\frac{\text{أصغر قسم على المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} = \frac{س}{ن} = و}$$

ففى شكل (٧٣) نجد أن أصغر قسم على المقياس = ١ ر . ، عدد أقسام
الورنية = ١٠ وتكون أصغر قراءة للورنية = $\frac{١٠}{١٠} = ٠.١$ ر .

وسوف نتعرض للحالات التالية فى المسائل المحلولة الآتية:

١- تصميم ورنية لقراءة دقة معينة.

٢- قراءة ورنية ما.

٣- معرفة دقة ورنية ما.

أمثلة محلولة

مثال (١):

أنشئ ورنية تقرأ لغاية ٢٠ ثانية لاستخدامها مع مقياس قيمة أصغر أقسامه ١٥ دقيقة ثم ارسم كلا من المقياس والورنية وبين عليهما القراءة ٢٣ ٤٠ ٩٢ مع اعتبار نصف قطر المقياس والورنية ما لا نهاية.

$$\begin{aligned} \text{الحل:} \\ \text{أقل قراءة الورنية} &= \frac{\text{أصغر قسم علي المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} \\ \frac{15}{20} &= 0.75 \end{aligned}$$

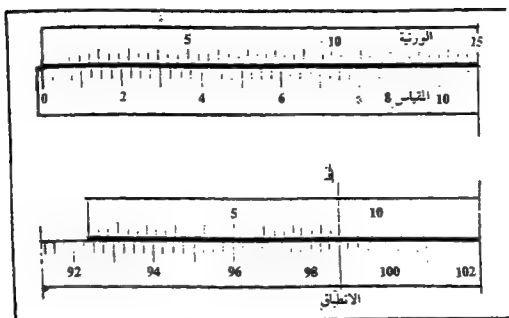
$$n = \frac{60 \times 15}{20} = 45 \text{ تسماً وهي تقابل } 44 \text{ تسماً من أصغر أقسام المقياس.}$$

- ثم نقسم هذه المسافة إلى ٤٥ قسم كل قسم منها يقرأ ٢٠ كما في شكل (٧٤) ولييان مكان الانطباق على المقياس فنطبق القانون.

مكان الانطباق على المقياس = ما يعينه المقياس + عدد أقسام الورنية التي يحدث عندها الانطباق × قيمة القسم على المقياس.

وفي المثال ما يعينه المقياس هو ١٥ ٩٢ فقط.

$$\text{عدد أقسام الورنية التي يحدث عندها الانطباق} = \frac{23.40}{0.75} = 31.2$$



شكل رقم (٧٤)

$$\text{قسم } ٢٦ = \frac{''٤٨٠ + ''٤٠}{٢٠} =$$

ويكون الانطباق على المقياس

$$٢٦ \times ١٥ + ٩٢ \times ١٥ =$$

$$٣٩٠ + ٩٢ \times ١٥ =$$

$$= ١٤٨٠ \text{ أنظر شكل (٧٤)}$$

مثال (٢):

صمم ورنية دقتها ٣٠ ثانية لاستخدامها مع مقياس أصغر أقسامه يساوي ٢٠ دقيقة ثم أرسم كلا من المقياس والورنية وبين عليها القراءة $٨^{\circ} ٤٦' ٣٠''$

الحل:

$$\frac{\text{أصغر قسم علي المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} = \text{أقل قراءة للورنية}$$

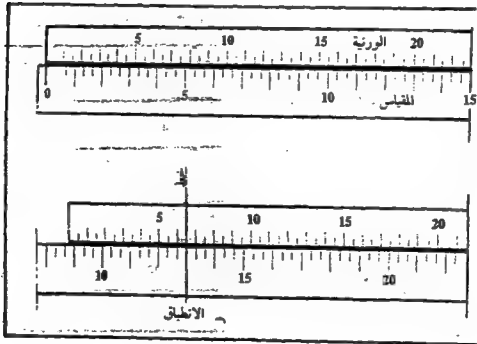
$$\frac{س}{ن} = \text{أقل قراءة للورنية} =$$

$$\frac{٦٠ \times ٢٠}{ن} = ٣٠.$$

∴ ن = ٤٠ وهو يقابل ٣٩ قسماً من أقسام المقياس الرئيسية وقراءات كل المقياس والورنية هي :

قراءة المقياس ٠٠° ٤٠' ٨" قراءة الورنية ٣٠' ٦"

القراءة الكلية ٣٠' ٤٦' ٨" شكل (٧٥)



شكل رقم (٧٥)

مكان الإنطباع علي المقياس = ما يعينه صفر الورنية على المقياس
 + عدد أقسام الورنية × قيمة أصغر قسم علي
 المقياس

$$٢٠ \times ١٣ + ٨٠ =$$

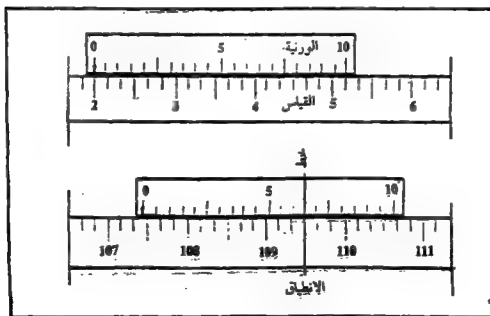
$$٢٦٠ + ٨٠ =$$

$$١٣ = \text{انظر شكل (٧٥)}$$

مثال (٣):

في شكل (٧٦) المطلوب معرفة دقة الورنية والقراءة التي يعينها صفر الورنية
 على المقياس علماً بأن هذا المقياس مقسم إلى الدرجة وأجزائها . عين أيضاً مكان
 الإنطباع عن كل من الورنية والمقياس.

الحل:



شكل رقم (٧٦)

عدد أقسام الورنية = ٢٠ قسم عدد أقسام المقياس = ١٩ قسم

أصغر قسم على المقياس ١٠

$$\text{دقة الورنية} = \frac{١٠ \times ٦٠}{٢٠} = ٣٠$$

القراءة المطلوبة = ما يقرأ على المقياس + ما يقرأ على الورنية

$$٢٠ \text{ } ^\circ ١٠.٧ + ١٣ \times ٣٠ =$$

$$٢٠ \text{ } ^\circ ١٠.٧ + ٣٩٠ = ٢٠ \text{ } ^\circ ١٠.٧ + ٣٩٠ =$$

مكان الانطباق على الورنية هو بعد ١٣ قسم من أقسام الورنية

مكان الانطباق على المقياس = مقدار القراءة على المقياس

+ عدد أقسام الورنية X قيمة أصغر قسم على المقياس

$$٢٠ \text{ } ^\circ ١٠.٧ + ١٣ \times ١٠ = ٢٠ \text{ } ^\circ ١٠.٧ + ١٣٠ =$$

التيودوليت ذو الورنية:

يستعمل التيودوليت ذو الورنية في الأعمال التي تتطلب دقة عالية ووظيفته الأساسية هو قياس الزوايا في المستويين الأفقي والرأسي وذلك بحانب استعماله في الأغراض الأخرى المتعددة والتي سوف نتناولها تباعاً .

ويثبت الجهاز عند الاستعمال فوق حامل ثلاثي مثل حامل الميزان غير أنه يمتاز عليه بوجود حركة إنزلاق أفقية برأس الحامل والغرض منها هو إمكان جعل الجهاز متسامت تماماً فوق النقطة التي تمثل رأس الزاوية المطلوب تعيين قيمتها . والوصول إلى ذلك نجعل الجهاز بالتقريب في وضع رأسي فوق هذه النقطة ثم نحرك الحامل حركة دائرية وانتقالية حتى يتسامت المحور الرأسي للجهاز فوق الورد بينما تكون قاعدة الجهاز أفقية بالتقريب ويكون خيط الشاغل فوق النقطة تماماً.

أجزاء الجهاز.

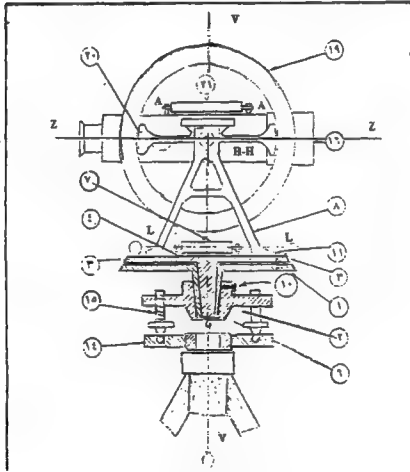
يتكون الجهاز من ثلاثة أجزاء رئيسية شكل (٧٧) هي:

أ - الجزء العلوي ويسمى بالأليداد ويشمل المنظار (١٦) وحاملة (٨) والمحور الأفقى للمنظار . وعلى أحد الحوامل تثبيت الدائرة الرأسية (١٩) وميزان التسوية الخاص بها (٢١) وريتان لقراءة الدائرة الرأسية (٢٠).

ب - الجزء السفلى ويسمى بالقاعدة (١٤) ويتبعه مسامير التسوية الثلاثة (١٥).

ج - الدائرة الأفقية (١) وتوجد وسط الجهاز بين الأليداد والقاعدة.

ولكى نعين قيمة الزاوية الأفقية أ ب ج مثلاً نقف بالجهاز فى رأس الزاوية



شكل رقم (٧٧)

أى فى النقطة (ب) ونرصد طرف الزاوية الأيسر (أ) بحيث تكون قراءة الدائرة الأفقية صفراً ثم ندير منظار الجهاز ناحية اليمين ونرصد طرف الزاوية الثانى (ج) فتكون القراءة الأخيرة على الجهاز هى قيمة الزاوية المطلوبة قياسها ويمكن قراءة الدائرة الأفقية عند التوجه على (أ) حيث لا تكون صفراً وتكون قيمة الزاوية المطلوب قياسها هى فرق القراءتين عند أ ، ج .

وللجهاز خمس محاور رئيسية وهى كما فى شكل (٧٧)

١- المحور الرأسى لدوران الجهاز V-V

٢- المحور الأفقى لدوران المنظار H-H

٣- محور المنظار الطولى أى الانطباق Z-Z

وهو يتحرك فى المستوى الرأسى حول المحور H-H ويضم الخطوط الآتية:

أ- المحور الهندسى للمنظار.

ب - خط النظر وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات.

ج المحور البصرى: وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية ومركز العدسة العينية.

ويجب أن تنطبق هذه المحاور الثلاثة أ ، ب ، ج لتكون محاور المنظار العمودى أو خط الانطباق Z-Z .

٤- محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية I-I .

٥- محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية A-A .

وصف الجهاز:

المنظور : أغلب المناظير الحديثة تتكون من أنبوية واحدة لها ثلاث عدسات شيئية وأخرى عينية وثالثة تسمى بعدسة التطبيق ويكون عملها تطبيق الصورة على حامل الشعرات (راجع المناظير المساحية فى باب الميزانية) وتتصل

بالمنظار عند أحد جانبيه الدائرة الرأسية (٩) وهي تدور معه وحول محوره الأفقي H - H.

وإذا كانت هذه الدائرة إلى يمين الراصد فيقال أن الجهاز (متيامن)، أما إذا كانت إلى يساره فيقال إن الجهاز (متيسار).

ويرتكز المحور الأفقي للدوران النظار علي حاملين ثابتين (٨) ومتساويين في الارتفاع تماماً .

الدائرة الأفقية، تتركب من قرص معدني مشطوف الحافة ومقسم بالدرجات الستينية في اتجاه عقرب الساعة أي من صفر إلى ٣٦٠° ويسمى الجهاز بقطر دائرته مقدراً بالبوصات. وفي الغالب تكون الدائرة الأفقية مغطاة بغلاف يتصل بالأليداد لحفظها من المؤثرات الجوية أما في منطقة الورنيات فتغطي بالزجاج وتتصل الدائرة الأفقية اتصالاً ثابتاً ومتعامداً مع المحور ٧-٧.

ويثبت بالغلاف المعدني المغطى للدائرة الأفقية ورنيتان (٣) ويشترط أن يمر الخط الواصل بين صفر بهما بمركز الدائرة الأفقية تماماً .

ومقدار أصغر قسم علي الدائرة الأفقية يتراوح بين ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ دقيقة حسب نصف قطر للدائرة ، ولتعيين القراءات الأصغر من ذلك تستعمل الورنية فتصل القراءة إلى ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ ثوان.

قاعدة التيودوليت، هي الجزء الثابت من الجهاز وتتكون من طبقتين من المعدن يصل بينهما ثلاث مسامير للتسوية (١٥) الغرض منها إعداد الجهاز في وضع أفقي تماماً - وتتصل الطبقة من أسفل بالحامل ومن أعلى بالغلاف الخارجي لمحور الجهاز (٦) ويتعلق خيط الشاغول في الجزء الأسفل من القاعدة علي امتداد المحور الرأسى ٧-٧ لضبط عملية التسامت.

ضبط جهاز التيودوليت:

يجب أن تتوفر الشروط التالية قبل استعمال الجهاز للرصد.

١- شروط مؤقتة ، ويقصد بها الضبط المؤقت لجهاز.

٢- شروط دائمة ، ويقصد بها الضبط الدائم وتتم عندما يساء استعمال الجهاز

أو عند استعماله لأول مرة وسوف لا نتعرض لهذه الشروط الدائمة. وسنكتفى بالشروط المؤقتة وهى الضبط المؤقت للتبديوليت ويتم هذا الضبط قبل استعمال الجهاز للرصد.

الضبط المؤقت للجهاز ويشمل:

أ- عملية التسمات ، ويقصد بها وضع الجهاز فوق النقطة (رأس الزاوية) المراد قياسها ويتم ذلك بواسطة خيط الشاغل والحركة المحورية للجهاز مع استعمال الحامل وتحريكه وكذا تحريك الجهاز على قاعدته. إذ أن الجهاز يمكن أن ينزلق على الحامل في حركة أفقيه كما ذكرنا.

ب - أفقيه الجهاز، ويقصد بها جعل ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية تاماً ولحدوث ذلك تستخدم مسامير التسوية الثلاث كما في حالة الميزان تماماً (انظر الضبط المؤقت للميزان واللوحه المستوية).

ج - التطبيق ، ويقصد به تصحيح خطأ الوضع أى تطبیق الصورة على مستوى حامل الشعرات ويتم ذلك بتحريك العدسة العينية حتي ترى الشعرات واضحة تماماً وتحريك مسمار التطبيق حتى نرى الصورة أوضح ما يمكن.

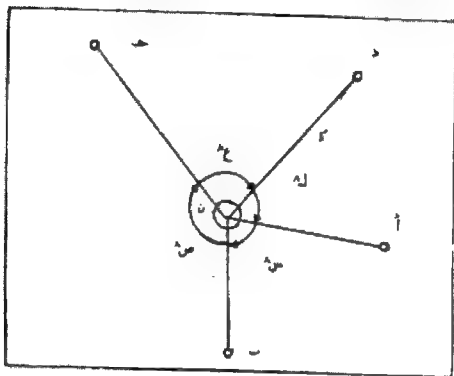
قياس الزوايا الأفقية:

يتم قياس الزوايا الأفقية بإحدى الطرق الآتية:

١- طريقة الزوايا الضردية:

لقياس الزوايا الأفقية ج د ن تضع الجهاز متسامتاً فوق النقطة ن شكل (٧٨) ثم نجعله أفقياً ونحرك الأليداد فوق الدائرة وهو متيامن حتى ينطبق صفر الورنية (أ) على صفر المقياس بالتقريب فتربط مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية (١١). ويستعمل مسمار الحركة البطيئة حتى ينطبق الصفرة بالضببط (وينطبق كذلك صفر الورنية (ب) على ١٨٠° ، إذا كان الجهاز مضبوطاً) بعد ذلك نحرك الأليداد وهو ما زال مثبتاً مع الدائرة الأفقيه وتوجه المنظار نحو نقطة ج بالتقريب ثم نربط مسمار الحركة السريعة بين الدائرة الأفقيه والقاعدة

وكذلك نربط مسار الحركة السريعة للمنظار في حركته الرأسية ثم نحرك مسامرى حركتهما البطيئة حتى ينطبق تقاطع الشعرات في المنظار على النقطة ج تماماً ويسمى الجهاز في هذا الوضع بأنه موجه توجيهاً أساسياً . بعد ذلك نفك مسار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية ونحرك المنظار حركة أفقيه في اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة د وندون قراءتي الورنيثين.



شکل رقم (۷۸)

تغير وضع المنظار من التيامن إلى المتياسر عند د ويتم ذلك بدوران المنظار حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهاز حول محوره الرأسى ١٨٠° حتى تواجه الشبيبة النقطة د مرة أخرى ونبدأ بمرصد : ثانية والجهاز متياسر ونلاحظ أن الزرنية أ سوف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقدار ١٨٠° وبعد ذلك نحرك المنظار حركة أفقيه ضد دوران عقرب الساعة ونرصد النقطة ج وندون القراءة للزرنتين.

وتكون قيمة الزاوية هي متوسط الوضعين المتيامن والمتياسر (انظر الجدول)
وهو أبسط أنواع الجداول التي ترصد فيها الزوايا الأفقية ويسمى بجدول الزوايا
المنفردة.

نقطة الرصد	النقطة المرصودة	الجهاز متيامن		الجهاز متياسر		الزاوية
		ورنية أ	ورنية ب	ورنية أ	ورنية ب	
ج	د	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٥٠	١٨٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٠٠ ٠٠ ٢٠
د	ج	٤٦ ٣٢ ٤٠	٣٢ ٥٠	٢٢٦ ٣٢ ٠٠	٣٢ ٣٠	٤٦ ٣٢ ٣٠
ن	د					٢١٠ ٣٢ ٤٦

وتوجد أنواع كثيرة من الجداول لتدوين قيم الأرصاد المأخوذة وحساب الزوايا
الأفقية - وغالباً ما تقاس أكثر من زاوية أفقية واحدة محصورة بين عدة اتجاهات
ويمكن قياس الزوايا ل ، س ، ص بنفس الطريقة السابقة.

٢- طريقة الاتجاهات:

إذا كان لدينا اتجاهات أربعة ن ج ، د ، ن أ ، ب وكلها متفرعة من نقطة
(ن) شكل (٧٨) وتحصر بينها الزوايا ع ، ل ، س ، ص فننتج نفس الخطوات
السابقة المتبعة في قياس الزاوية المنفردة ولكننا في هذه الحالة نعتبر أن جميع
الأشعة إلى ج ، د ، ب ، أ مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة ونفرض لها خطأ
أساسياً نبتدى منه الرصد وليكون ن ج فيوجه التيودوليت توجيهها أساسياً عند أول
اتجاه وليكن ن ج وهو متيامن (قراءة الورنية أ تقريباً صفر - انطباق تقاطع
الشعرات في المنظار على النقطة المرصودة ج بعد ذلك نلفك مسمار الحركة
السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية ونحرك المنظار حركة أفقية في اتجاه دوران
عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة د وتدون قراءتي الورنيتين - ثم نحرك المنظار
مرة أخرى حركة أفقيه في اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة أ وتدون
كذلك قراءتي الورنيتين ونكرر العمل ونرصد نقطة ب ثم ج ونغير بعد ذلك وضع
المنظار من المتيامن إلى المتياسر ونحن عند الوضع الأخير ج وهو الاتجاه الذي

بدأنا منه ويتم ذلك بدوران المناظر حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهاز ١٨٠° حول محوره الرأسى حتى تواجه الشبكية النقطة ج مرة أخرى - ونبدأ برصد النقطة ج ثانية والجهاز متباير . ونلاحظ أن الورنية أ سوف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقدار ١٨٠° - وتدون القراءة عند ج ، تحرك المنظار حركة أفقية ضد دوران عقرب الساعة وترصد النقطة ب ثم أ ، د وأخيراً ترصد النقطة ج ثانية وفى كل مرة تدون قراءتى الورنيتين أ ، ب ونحسب متوسط الاتجاهات وهو متوسط الأربع قراءات للورنيات.

ونلاحظ هنا أننا قفلنا الأفق أى رصدنا النقطة الأولى ج التى بدأنا منها ذلك للتحقق من عودة صفر الورنية إلى صفر المقياس فإذا كان الخطأ صغيراً ومسموحاً به بقسم على الاتجاهات المقاسة وإلا فيعاد الرصد من جديد أى أننا نضع شرطاً هنا وهو أن مجموع الزوايا ع ، ل ، س ، ص هو ٣٦٠°.

ونلاحظ أن التدوين فى الجدول يكون من أعلى إلى أسفل فى التباين ومن أسفل إلى أعلى فى التباير . مع ملاحظة أننا لم نك المسار السفلى المربوط طول رصد الوجهين.

والغرض من أخذ القراءات المختلفة (متباين ومتباير) هو الحصول على قيم متوسطة وهى أفضل قيمة للزوايا المرصودة إذ أن اختلاف الوضعين المتباين والمتباير يلقى أخطاء كثيرة دائمة فى الجهاز ، وللتغلب أيضاً على أخطاء المدرج بالجهاز فتؤخذ القراءات على أقواس مختلفة من الدائرة الأفقية (صفر ، ٩٠° ، والجدول يبين مثال لطريقة تدوين الأرصاد وحساب الزوايا ع ، ل ، س ، ص (شكل ٧٨) المحصورة بين الاتجاهات ج ، د ، أ ، ب ونلاحظ من الجدول ما يلى:

١- عمود (١) يبين قراءات الورنيات الأربعة لكل اتجاه.

٢- فى عمود (٢) أخذنا متوسط الاتجاهات من القوسين وكان الاتجاه الأخير عند القفل هو ٢٠° ٣٦٠° بينما ي... أن يكون ٣٦٠° وبذلك يكون خطأ القفل فى الأفق أى بين الاتجاهات هو ٢٠° ثانية.

150

ويكون تصحيح كل زاوية بمقدار $\frac{2.0}{4} = 0.5$

فيصح الاتجاه الأول بمقدار 0.5 والثاني بمقدار 1.0 والثالث بمقدار 1.5 والاتجاهات الصحيحة مبينة في العمود (٤).
٣- الزوايا الصحيحة مبينة في عمود (٥) ومجموعها 360° ويمكن الحصول عليها بطرح كل اتجاه من الذي يليه.

وهناك أجهزة تبيدوليت حديثة تعطى مباشرة القيم المتوسطة لقراءتي الورنيتين بدلاً من أخذ قراءة كل منهما علي حدة وفي هذه الحالة تندمج الخانتين (قراءة ورنية أ ، قراءة ورنية ب) في خانة واحدة تكتب في كل منها قراءة الجهاز.

توقيع الزاوية الأفقية:

غالباً ما يطلب توقيع وتعيين اتجاه معين يصنع مع اتجاه ثابت آخر زاوية أفقية محددة - فإذا كان لدينا الاتجاه أ ج مثلاً ويراد تعيين اتجاه ب ج يصنع مع أ ج زاوية أفقية مقداراً $30^\circ 37' 36''$

لذلك تتبع الخطوات الآتية:

- ١- تسامت الجهاز فوق النقطة ج ونضبط الجهاز ضبطاً مؤقتاً.
(التسامت ، الأفقية ، التطبيق) ، ونوجه التبيدوليت توجيهاً أساسياً على النقطة أ (أي نجعل صفر إحدى الورنيتين منطبقاً على صفر الدائرة الأفقية).
وتم هذا كما سبق بمسامير المجموعة السفلى.
- ٢- نك مسمار الحركة الأفقية من المجموعة العليا وندير المنظار ونلاحظ الورنية حتى نأتى إلى وضع قريب من الزاوية المطلوب توقيعها - وعند ذلك يربط مسمار الحركة الأفقية السريعة وتلف مسمار الحركة البطيئة من المجموعة العليا حتى تقرأ الزاوية المطلوب توقيعها بالضبط.

٣- يتحرك شخص معه شاخص وشوكة اتجاه المنظار حتي تظهر صورة الشاخص بداخل المنظار ثم تحرك بدلاً من الشاخص شوكة حتى تظهر نهايتها السفلى عند تقاطع الشعرات.

٤- يمكن تحريك المنظار حركة رأسية لرصد الشوكة ويجب عدم تحريك أو لمس مسامير الحركة الأفقية من المجموعتين أثناء عملية التوقيع.

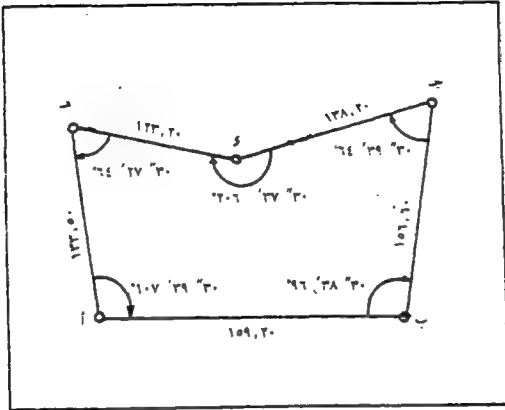
ترافرس التيودوليت :

سبق أن تعرضنا لتعريف الترافرس (المضلع) وأنواعه في باب المضلعات والبوصله وأوردنا شرحاً مفصلاً لترافرس البوصله ، وعند القيام بالأعمال المساحية الدقيقة فإننا نلجأ إلى ترافرس التيودوليت، وهو يختلف عن ترافرس البوصله في أرصاده حيث يستخدم التيودوليت في قياس زوايا الترافرس مباشرة ويستخدم الشريط الصلب أو القياس التاكيمترى في تحديد أطوال المضلع ويقاس كل طول في المضلع مرتين على الأقل ذهاباً وإياباً وسنقتصر هنا على نوع واحد من الترافرسات وهو الترافرس المقفل ،هذا وقد سبق تعريفه كما توجد أنواع أخرى من المضلعات وهى الترافرس الموصل والترافرس المفتوح وشبكات الترافرسات.

وأرصاد ترافرس التيودوليت هى:

١- قياس زوايا الترافرس ٢- قياس أطوال الأضلاع.

والمطلوب دائماً هو تحديد الاحداثيات الصحيحة لنقط الترافرس . ويتم قياس الزوايا بواسطة جهاز التيودوليت وتقاس دائماً في اتجاه تسمية الترافرس سواء أكانت الزوايا المقاسة الداخلية أو الخارجية ففي شكل (٧٩) لدينا الترافرس أ ب ج د هـ أ وتسميته ضد عقرب الساعة لذلك نجد أن الزوايا المقاسة هى الداخلية: هذا ويتم قياس الزوايا بطريقة الزوايا المنفردة فى الوضعين المتماثلين والمتناسرين.



شكل رقم (٧٩)

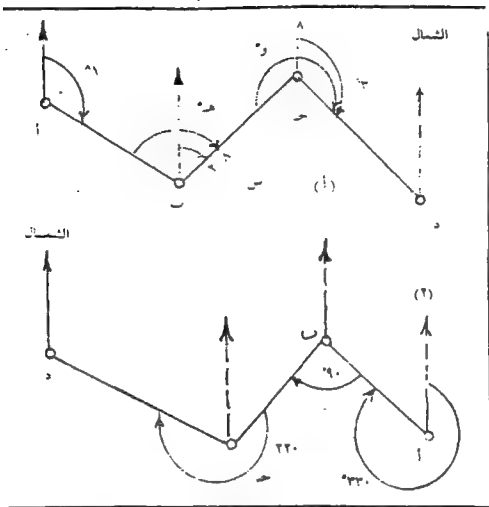
تحديد انحراف الأضلاع:

للحصول على إحداثيات نقط الترافرس فيجب أن تحول الزوايا المقاسة بعد تصحيحها إلى انحرافات بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع ومثالاً لذلك نفرض أنه لدينا المضلع أ ب ج د وقد قيست الزوايا عند أ ، ب ، ج ، وكذلك انحراف الخط أ ب ولتعيين انحرافات الخطوط ب ج ، ج د لدينا في شكل (٨٠-أ)

انحراف ب ج = انحراف أ ب - س

= انحراف أ ب - (١٨٠ - هـ)

= انحراف أ ب + هـ - ١٨٠



شكل رقم (٨٠)

(٢٣) انحراف ضلع ما = انحراف الضلع المعلوم + الزاوية من الضلع المعلوم
 انحرافه إلى الضلع المطلوب في إتجاه عقرب الساعة $\pm ١٨٠^\circ$

وفي شكل (٨٠) إذا كان انحراف أ ب هو 330°

والزاوية ب = 90° ، ج = 220° فيكون :

انحراف ب ج = انحراف أ ب + $90^\circ - 180^\circ$

$$^{\circ}24. = 18. - 9. + 33. =$$

، انحراف ج د = انحراف ب ج + ج د = $18. - 22. + 33. =$

$$^{\circ}28. = 18. - 22. + 24. =$$

وإذا كان انحراف أ ب = 25° والزواية ب = 45° والزواية ج = $14. =$
فيكون :

$$\text{انحراف ج د} = 18. + 45 + 25 = 28. =$$

$$\text{انحراف ب ج} = 18. - 14. + 25. = 29. =$$

حساب الترافرس :

خطوات حساب الترافرس المقفل هي :

١- تصحيح زوايا التوافرس :

و يتم ذلك برسم كروكي للترافرس وموضحاً عليه أطوال الأضلاع وقيم الزوايا المرصودة - ثم حساب خطأ القفل في الزوايا حيث أنه في أي مضلع مقفل يجب أن يكون :

(٢٤)

$$\text{مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية} = (2 \pm 4) \cdot 90.$$

حيث ن = عدد زوايا المضلع ويتم إيجاد الخطأ في الزوايا من مجموع الزوايا المرصودة ومقارنتها بما يجب أن تكون ، بعد ذلك تصحح الزوايا بتوزيع هذا الخطأ على زوايا المضلع بالتساوي بشرط أن يكون مسموحاً به والخطأ المسموح به في أي مضلع بالثنائي هو :

(٢٥)

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = \text{الخطأ المسموح به بالثنائي} \\ \text{أو} = \text{ضعف دقة الزاوية} \frac{\sqrt{N}}{N}$$

أما إذا زاد الخطأ عن المقدار المسموح به فيجب إعادة العمل كلية أو إعادة رصد الزوايا المشكوك فيها.

٢- حساب انحراف الأضلاع:

ويتم ذلك بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع وزواياه المصححة . ومن واقع الانحرافات الدائرية نستنتج الانحرافات المختصرة.

٣- حساب مركبات الأضلاع:

وقد سبق الكلام عنها في ترافرس البوصلة وتحسب أطوال المركبات الأفقية والرأسية من المعادلات الآتية:

$$\begin{aligned} \text{المركبة الرأسية للمضلع} &= \text{طول الضلع} \cdot \text{جتا الانحراف المختصر} \\ \text{المركبة الأفقية للمضلع} &= \text{طول الضلع} \cdot \text{جا الانحراف المختصر} \end{aligned} \quad (٢٦)$$

وتختلف الإشارات لها حسب الربع الذي يقع فيه الضلع كما سبق أن ذكرنا في مضلع البوصلة.

٤- حساب خطأ القفل في المركبات:

في المضلعات المغلقة يجب أن يكون المجموع الجبري لكل من المركبات الأفقية والرأسية مساوياً صفر - لذلك نحسب كل من المقدارين $\sum \text{ص}$ ، $\sum \text{ح}$. وإذا فرض أن :

$\sum \text{ح} = \Delta$ ، $\sum \text{ص} = \Delta$ فتكون هذه الكميات هما المركبة الأفقية والرأسية لخطأ القفل على التوالي ويكون مقدار خطأ القفل مساوياً:

$$\begin{aligned} \text{خطأ القفل} &= \sqrt{(\sum \text{ح})^2 + (\sum \text{ص})^2} \\ \text{نسبة خطأ القفل} &= \frac{\text{مجموع أطوال المضلع}}{\text{خطأ القفل}} \end{aligned} \quad (٢٧)$$

هذا ويجب أن لا تتعدى نسبة خطأ القفل عن مقدار معين فمثلاً في ترافرسات المدن فإن الخطأ المسموح به هو $\frac{1}{4000}$ وهناك معادلة تختص بالمضلعات في الأراضي الزراعية:

$$\sqrt{1.13 + L} + 25 = 0.31 + L$$

حيث L = طول محيط الترافرس بالمتر.

وإذا تجاوز خطأ القفل قيمته فيجب إعادة قياس أطوال المضلع أو المشكوك فيها.

٥- توزيع خطأ القفل في المركبات وحساب المركبات المصححة،

هناك عدة طرق يمكن بواسطتها توزيع خطأ القفل وسنكتفي هنا بطريقة (بودتش) وهي طريقة عامة مستخدمة دائماً في ترافرس التبيدوليت وقد سبق لنا التعرض لها في مضلع البوصلة (راجع البوصلة).

٦- إحداثيات نقط المضلع،

يتم حساب إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما شمالاً - جنوباً ويعتبر لمحور الصادات والآخر شرقاً - غرباً ويعتبر محور السينات وباعتبار أن نقطة الأصل هي إحدى نقط المضلع فيمكن بالجمع الجبري للمركبات الحصول على الإحداثيات الكلية لنقط المضلع.

٧- توقيع المضلع على الخريطة،

يمكن رسم المضلع إما بمعلومية الإحداثيات الكلية أو بمعلومية المركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه، وفي الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط وهو جهاز توقيع الإحداثيات (Coordinatograph).

وفي طريقة المركبات نبشئ بأى نقطة من نقط المضلع وبأخذ المركبات المصححة الأفقية والرأسية للأضلاع يتم تحديد باقى النقط وغالباً ما نستعمل إحدى هاتين الطريقتين حيث يمكن لنا بعد ذلك حساب وحصر مساحات المضلعات أو أجزاء منها وكذلك الحصر على أطوال قد يصعب أو يستحيل الحصول عليها من الطبيعة.

فيما يلي مثلاً لشرح الترافرس المقفل وخطوات الحساب له.

مثال،

الشكل (٧٩) يمثل كروكي لترافرس مقفل رصدت زواياه الداخلية وقيست أطوال أضلاعه كما هي موضحة والطلوب حساب المركبات الأفقية والرأسية وكذلك إحداثيات نقطة إذا كان انحراف أ ب هو ١٠.٤° وإحداثيات نقطة أ هي (صفر ، صفر) علماً بأن دقة الورنية للتيودوليت المستخدم هو $٣٠''$.

الحل-

أولاً - تصحيح خطأ القفل الزاوي،

بجمع الزوايا الرصودة نجد أن المجموع هو $٣٠'' ٢٠'' ٥٤٠'$

وحيث أن زوايا المضلع عددها ٥ فيجب أن يكون مجموع الزوايا الداخلية = $(٢ - ن) \times ٩٠ = ٥٤٠'$

∴ الخطأ = $٣٠'' ٢٠'' - ٥٤٠' = ٣٩''$ المسموح به هو $٣٠'' \times ٢ = ٦٠''$

ويتوزع هذا الخطأ على الخمس زوايا بالتساوي فيكون تصحيح كل زاوية = $٣٠''$ فتطرح من كل زاوية $٣٠''$ فتصبح الزوايا كالآتي:

أ	=	$١٠٧' ٣٩''$
ب	=	$٩٦' ٣٨''$
ج	=	$٦٤' ٣٩''$
د	=	$٢٠٦' ٣٧''$
هـ	=	$٦٤' ٣٧''$
المجموع	=	$٥٤٠'$

ثانياً - إيجاد انحرافات الخطوط،

يتم أولاً إيجاد الانحرافات الدائرية مبتدئين بالخط المعلوم انحرافه وهو أ ب وانحرافه هو ١٠.٤° .

$$\begin{aligned}
 & \text{انحراف أ ب} = ١٠.٤' . . = \\
 & \text{ب ج} = ١٠.٤' = ٢٠' ٣٨ + ٩٦' ٣٨ + ١٨٠ + ٢٠' ٣٨ = \\
 & \text{ج د} = ٢٠' ٣٨ + ٦٤' ٣٩ + ١٨٠ + ٢٦٥' ١٧ = \\
 & \text{د ه} = ٢٦٥' ١٧ + ٢٠.٦' ٣٧ + ١٨٠ - ٢٩١' ٥٤ = \\
 & \text{ه أ} = ٢٩١' ٥٤ + ٦٤' ٢٧ + ١٨٠ - ١٧٦' ٢١ = \\
 & \text{أ ب} = ١٧٦' ٢١ + ١٠.٧' ٢٩ + ١٨٠ + ١٠.٤' . . =
 \end{aligned}$$

وبذا نجد أن انحراف أ ب المحسوب هو الانحراف المعلوم وبذا يكون العمل الحسابي صحيح .

والإنحرافات المختصرة هي:

$$\begin{aligned}
 & \text{أ ب : ج} = ٧٦' . . \text{ ق} \\
 & \text{ب ج : ش} = ٢٠' ٣٨ \text{ ق} \\
 & \text{ج د : ج} = ٨٥' ١٧ \text{ ع} \\
 & \text{د ه : ش} = ٦٨' .٦ \text{ غ} \\
 & \text{ه أ : ج} = ٣٩' ٠.٣ \text{ ق}
 \end{aligned}$$

ثالثا - لحساب مركبات الأضلاع وتصحيحها وكذلك حساب الإحداثيات ونسبة خطأ القفل انظر الجدول .

جدول حساب التفاضل المتكامل

القيمة الأولية	القيمة الأولية	القيمة الأولية	القيمة الأولية	التفاضل بالترتيب	حجم التمام	الخطأ	الانحراف المتصور	الانحراف	الخطأ
القيمة الأولية	القيمة الأولية	القيمة الأولية	القيمة الأولية	التفاضل بالترتيب	حجم التمام	الخطأ	الانحراف المتصور	الانحراف	الخطأ
188, 12 +	17, 42 -	188, 10 +	17, 42 -	188, 10 +	0, 1210	0, 1703	0, 7900	10	0, 00
81, 49 +	11, 41 +	80, 19 +	149, 88 +	189, 10	0, 9306	0, 3814	0, 7038	20	0, 00
137, 43 -	11, 48 -	137, 73 -	11, 39 -	178, 10	0, 0812	0, 4913	0, 8017	17	0, 00
111, 17 -	10, 81 +	111, 3 -	10, 40 -	172, 10	0, 3930	0, 4378	0, 7809	24	0, 00
8, 42 +	137, 30 -	0, 86 +	137, 12 -	172, 01	0, 1940	0, 0937	0, 4334	17	0, 00
281, 40 +	141, 70 +	281, 40 +	141, 80 +	711, 17	0, 12				
281, 40 -	141, 70 -	281, 40 -	141, 80 -						
متوسط	متوسط	Δ	Δ	خطأ التفاضل = $1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17$ نسبة خطأ التفاضل = $\frac{1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17 + 1, 17}{7, 00} = 0, 167$					

إحداثيات نقط المضلع

ألفي	وآسي	
صفر	صفر	أ
١٨٩,١٢ +	٤٧,٤٢ -	أ ب
١٨٩,١٢ +	٤٧,٤٢ -	ب
٥٤,٩٦ +	١٤٦,٤١ +	ب ج
٢٤٤,٠٨ +	٩٨,٩٩ +	ج
١٣٧,٩٣ -	١١,٤٧ -	ج د
١٠٦,١٥ +	٨٧,٥١ +	د
١١٤,٤٧ -	٤٥,٨٤ +	د هـ
٨,٣٢ -	١٢٣,٣٥ +	هـ
٨,٣٢ +	١٣٣,٣٥ -	هـ أ
صفر	صفر	اللتحق

مسائل

١- طريق د ج لم يمكن قياس طوله أو انحرافه فأجريت الأرصاد المبينة بالشكل (زوايا وأطوال) ما طول د ج و ما انحرافه الدائري إذا علم أن انحراف د أ = 26.0°

٢- أخذت الأرصاد المبينة بالشكل لمضلع يحيط بقطعة أرض مثلثة الشكل أوجد خطأ القفل في المضلع وهل هو مسموح به في حالات الترافرسات المختلفة. إذا كان هذا مضلع بوصلة فهل يكون خطأ القفل مسموح به . وزع خطأ القفل بطريقتي بودنش والإحداثيات علماً بأن انحراف ج ب = $14^{\circ} 32'$

٣- قيست إحدى الزوايا الخارجية في مثلث (بين امتداد ضلع واحد الأضلاع) بطريقة التكرار ثلاثة عشر مرة فكانت القراءة النهائية هي $44^{\circ} 10'$ ما قيمة الزاوية .

٤- قيست في مثلث أ ب ج الزاوية الخارجية ج بطريقة التكرار أربع مرات فكانت القراءة النهائية هي $45^{\circ} 22'$. ما قيمة هذه الزاوية إلى أقرب ثانية .

٥- توافرس مقفل رصدت أطوال أضلاعه وزواياه فكانت كما يلي:

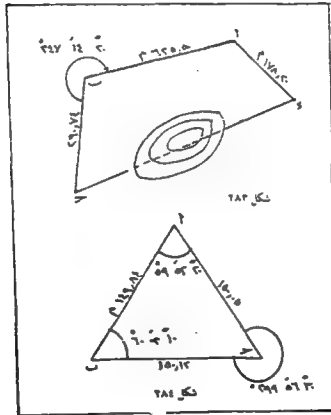
الضلع	الطول	الزاوية
أ ب	٦٩١	أ : $33^{\circ} 6'$
ب ج	٦١٦	ب : $35^{\circ} 20'$
ج د	٦٧٨	ج : $21^{\circ} 6'$
د ه	٩٧١	د : $34^{\circ} 10'$
ه أ	٧٨٣	ه : $39^{\circ} 9'$

فإذا كانت تسمية التوافرس ضد عقرب الساعة. وإحداثيات النقطة أ هي (١٠٠ ، ١٠٠) فاحسب الإحداثيات المصححة لنقط التوافرس علماً بأن انحراف أ ب هو 210° احسب المساحة المحصورة داخل هذا المضلع بطريقتين مختلفتين.

٦- مضلع مقفل رصدت أطوال أضلاعه وعينت زواياه فكانت

الزاوية	الطول	الضلع
$\hat{A} = 71^\circ$	٥٧,٤	أ ب
$\hat{B} = 126^\circ$	٦٦,٠٠	ب ج
$\hat{C} = 40^\circ$	٥١,٥٠	ج د
$\hat{D} = 223^\circ$	٣٩,٣٠	د هـ
$\hat{E} = 70^\circ$	٧٠,٧٠	هـ أ

عين المركبات الصحيحة لخطوطه وقيمة خطأ القفل وذلك إذا كان الخط أ ب
يتجه شمالاً تماماً.



لإيجاد القيمة المصححة للزوايا والاتجاهات من الأرصاد الميدانية هي الجدول :

الخطوة المرصودة	وجه أثن (ورؤية أ)	وجه أثن (ب)	وجه أس (أ)	وجه أس (ب)
ن	١٤	١١	١٥	١٠
د	١٨	٧٠	١٠	١١
ج	٨٠	١٣	١١	١٠
ب	١٠	٧٨	١٣	١٠
أ	١٠	١٠	١٣	١٠
ن	١٤	١١	١٥	١٠
د	١٨	٧٠	١٠	١١
ج	٨٠	١٣	١١	١٠
ب	١٠	٧٨	١٣	١٠
أ	١٠	١٠	١٣	١٠

٨- أخذت الأرصدة الآتية حول نقطة ن. أوجد الاتجاهات والزوايا المصححة

الخط	مقياس		مقياس		الميل
	درجات ١	درجات ٢	درجات ١	درجات ٢	
١	١٨٠	١٨٠	١٨٠	١٨٠	١
٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢
٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣
٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤
٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥
٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦
٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧
٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨
٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩
١٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٠
١١	١٠	٨٠	١١	٨٨	١١
١٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٢
١٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٣
١٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٤
١٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٥
١٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٦
١٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٧
١٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٨
١٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٩
٢٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٠
٢١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢١
٢٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٢
٢٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٣
٢٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٤
٢٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٥
٢٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٦
٢٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٧
٢٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٨
٢٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٢٩
٣٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٠
٣١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣١
٣٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٢
٣٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٣
٣٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٤
٣٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٥
٣٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٦
٣٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٧
٣٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٨
٣٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٣٩
٤٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٠
٤١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤١
٤٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٢
٤٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٣
٤٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٤
٤٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٥
٤٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٦
٤٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٧
٤٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٨
٤٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٤٩
٥٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٠
٥١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥١
٥٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٢
٥٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٣
٥٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٤
٥٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٥
٥٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٦
٥٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٧
٥٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٨
٥٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٥٩
٦٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٠
٦١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦١
٦٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٢
٦٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٣
٦٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٤
٦٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٥
٦٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٦
٦٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٧
٦٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٨
٦٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٦٩
٧٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٠
٧١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧١
٧٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٢
٧٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٣
٧٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٤
٧٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٥
٧٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٦
٧٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٧
٧٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٨
٧٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٧٩
٨٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٠
٨١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨١
٨٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٢
٨٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٣
٨٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٤
٨٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٥
٨٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٦
٨٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٧
٨٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٨
٨٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٨٩
٩٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٠
٩١	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩١
٩٢	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٢
٩٣	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٣
٩٤	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٤
٩٥	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٥
٩٦	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٦
٩٧	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٧
٩٨	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٨
٩٩	١٠	٨٠	١١	٨٨	٩٩
١٠٠	١٠	٨٠	١١	٨٨	١٠٠

٩ الجدول التالي يبين قياس ذوايا حول نقطة ن . احسب القيم المصنوعة لكل من الزوايا والاتجاهات

نقطة المصبرة	مقياس			
	مقياس		مقياس	
	درية ١	درية ٢	درية ٣	درية ٤
١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣	٢	٥٧	١٨	١١٣
٤	٥٥	٥٥	٥٩	٥٧
٥	٥٥	٥٥	٥٩	٥٧
٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
١١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
١٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
١٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
١٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
١٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٢١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٢٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٢٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٢٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٢٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٢٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٣٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٣٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٣٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٣٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٣٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٣٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٤٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٤١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٤٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٤٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٤٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٤٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٤٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٤٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٤٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٤٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٥٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٥١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٥٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٥٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٥٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٥٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٥٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٥٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٥٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٥٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٦٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٦١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٦٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٦٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٦٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٦٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٦٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٦٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٦٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٦٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٧٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٧٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٧٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٧٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٧٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٧٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٨١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٨٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٨٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٨٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٨٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٨٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٩٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩١	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٩٢	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩٣	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٩٤	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩٥	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٩٦	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩٧	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
٩٨	١٨	٢٢	٢٣	٢٤
٩٩	١٠١	١١٩	١٢٢	١١٤
١٠٠	١٨	٢٢	٢٣	٢٤



الباب السابع

المساحات

Areas

حساب المساحات :

من الأعمال الهامة في المساحة إيجاد المسطحات سواء من الخرائط أو من الطبيعة مع مراعاة أن المساحات التي تتعامل بها هي المسقط الأفقي وليست المساحات الحقيقية لأننا نعين دائماً المسافات الأفقية وليست المائلة أو المتعرجة .

طرق تقدير المساحات:

يوجد مصدران أساسيان لتقدير المساحات وهما :

أ- من الخرائط : وهي الأكثر استعمالاً لأنها أسهل وبالرغم من أنه قد تكون بها أخطاء رسم.

ب- من الأرصاد في الطبيعة : وهي من أدق الطرق لعدم وجود أى أخطاء بها وعلى الرغم من ذلك فإنها لا تستخدم إذ يجب أن نرجع إلى المنطقة في الطبيعة لأخذ بيانات عن أطوال أو أشكال نحتاج إليها لتعيين المسطحات.

طرق إيجاد المساحات:

ويمكن تقسيم الطرق العامة المستخدمة لإيجاد المسطحات عموماً إلى:

١- الطرق العنصرية : وهي أدق الطرق وفيها يمكن تقسيم الأرض إلى أشكال منتظمة مثل المثلثات أو المستطيلات أو الأشكال الرباعية وهكذا يمكن تطبيق قوانين الأشكال المنتظمة عليها .

٢- الطريقة النصف حسابية : وهي تستخدم في المساحات الضيقة وفيها تقسم الرسم إلى شرائح وتستهمل قوانين خاصة كما سيأتى بعد.

٣- الطرق الميكانيكية : وهي تعتمد على استخدام أجهزة معينة لتعيين المساحات المختلفة مثل البلاييمتر ومسطرة التفدين وتستخدم عموماً فى حساب مسطحات الأرضى الكثيرة التعاريج.

أولاً - الطرق الحسابية:

وفيها تقسم الأرض إلى مجموعة من الأشكال الهندسية المنتظمة ثم تحسب مساحات هذه الأجزاء وجمعها نحصل على المساحة الكلية.

مساحة الأشكال المنتظمة:

١- المثلث شكل (٨١)

إذا كان المثلث معلوم فيه ضلعان والزاوية بينهما فإن :

المساحة = نصف حاصل ضرب الضلعين X جيب الزاوية المحصورة بينهما.

(٢٩)

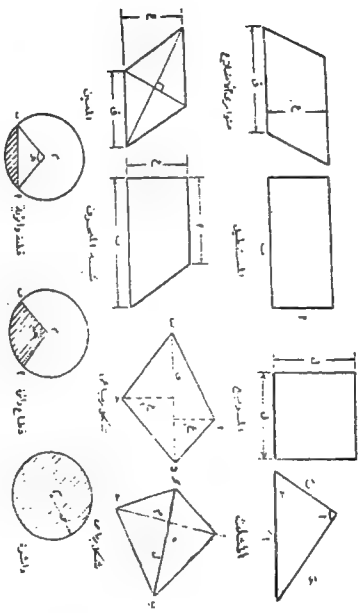
$$م = \frac{1}{2} بَ جَ أ = \frac{1}{2} جَ أ جَ ب = \frac{1}{2} أَ بَ جَ ج$$

إذا كان المثلث معلوم أضلاعه الثلاثة فإن:

(٣٠)

$$م = \sqrt{س(س-أ)(س-ب)(س-ج)}$$

حيث $س = \frac{1}{2} (أ + ب + ج)$ = نصف المحيط.



شکل رقم (۸۱)

٢- الأشكال الرباعية :

(٣١)

$$\text{المربع} \quad ٢ ل =$$

(٣٢)

$$\text{المستطيل} \quad ا ب =$$

(٣٣)

$$\begin{aligned} \text{متوازي الأضلاع} \quad ق ع &= \\ \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} &= \end{aligned}$$

(٣٤)

$$\begin{aligned} \text{المعين} \quad \frac{١}{٢} &= \text{حاصل ضرب القطرين} \\ ق \times ع &= \end{aligned}$$

(٣٥)

$$\begin{aligned} \text{شبه المنحرف} &= \text{القاعدة المتوسطة} \times \text{الارتفاع} \\ ع \times \frac{ا + ب}{٢} &= \end{aligned}$$

(٣٦)

$$\text{شكل رباعي} \quad ق (\frac{٢ع + ع}{٢})$$

$\frac{١}{٢}$ = حاصل ضرب القطرين \times جيب الزاوية بينهما.

(٣٧)

$$\frac{١}{٢} = م ل جا هـ$$

٣- مساحة الأشكال الدائرية،

(٣٨)

$$\text{الدائرة} = ط \text{نق} = \frac{\gamma}{\epsilon}$$

(٣٩)

$$\text{القطاع الدائري أ م ب} = \frac{\frac{1}{\gamma}}{\gamma} \text{ ه نق} \gamma$$

(٤٠)

$$\text{القطعة الدائرية أ ب ج} = \frac{\frac{1}{\gamma}}{\gamma} \text{ نق} \gamma (\text{ه} - \text{جا ه})$$

٤- مساحة الأشكال المنتظمة المتعددة الأضلاع،

(٤١)

$$\text{شكل منتظم عدد أضلاعه ن} = \frac{1}{\gamma} \text{ أ ع ن}$$

حيث أ = طول ضلع الشكل

$$\text{أ} = \gamma \text{ ع ظا } \frac{\theta}{\gamma} \text{ شكل (٨٢)}$$

(٤٢)

$$\text{شكل منتظم عدد أضلاعه ن} = \gamma \text{ ع ظا } \frac{\theta}{\gamma}$$

(٤٣)

$$\text{م} = \frac{\gamma}{\gamma} \text{ نق} \gamma \text{ جا } \frac{3\gamma}{\gamma}$$

٥- مساحة الأشكال المعقدة بمنحنيات خاصة،

(٤٤)

$$\text{القطع المكافئ المقلب} = \frac{\gamma}{\gamma} \text{ ل ع}$$

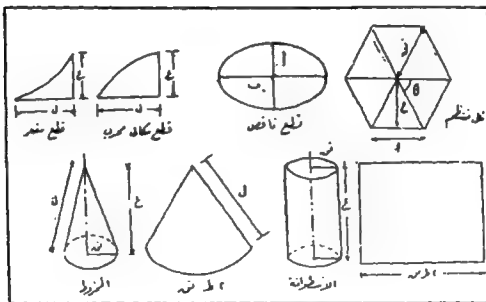
(٤٥)

القطع المكافئ المقعر = $\frac{1}{3} ل ع$

(٤٦)

القطع الناقص = ط أ ب

حيث أ ، ب هما نصفي القطرين



شكل رقم (٨٢)

٦- مساحة السطوح للأجسام المنتظمة شكل (٨٢) :

(٤٧)

مساحة الأسطوانة = ط نق ع

(٤٨) مساحة سطح المخروط = ط تق ل

$$\frac{1}{4} = \text{محيط قاعدة المخروط} \times \text{نقطة الرأس}$$

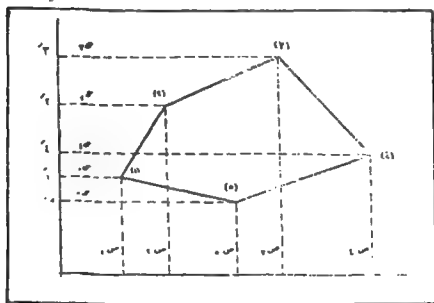
(٤٩)

مساحة سطح الكرة = ٤ ط تق ٢

٧- مساحة الأشكال المحددة بخطوط مستقيمة :

(أ) المساحة بمعلومية إحداثيات الرؤوس :

الطريقة : لحساب مساحة المضلع في الشكل ترقم النقط في اتجاه دائري واحد وتحسب إحداثيات رؤوس المضلع ونجد في شكل (٨٣) أن إحداثيات رؤوس المضلع المبين هي :



شكل رقم (٨٣)

(س١ ، ص١) ، (س٢ ، ص٢) ، (س٣ ، ص٣) ، (س٤ ، ص٤) ، (س٥ ، ص٥).

ومساحة هذا الشكل ١ - ٢ - ٣ - ٤ - ٥ - ١ يمكن حسابها بإضافة مساحة
أشياء المنحرفات ٣٣' ٤' ٤ ، ٤٤' ٥' ٥ وطرح أشياء المنحرفات ٣٣' ٢' ٢ ، ٢٢' ١' ١ ، ١١' ٥' ٥ .

وبإيجاد مساحة أشياء المنحرفات بدلالة س١ ، ص١ ، س٢ ، ص٢ ،

$$\begin{aligned} \text{المساحة} &= \frac{1}{4} (س٤ + س٣) (ص٤ - ص٣) \\ &+ \frac{1}{4} (س٤ + س٥) (ص٤ - ص٥) \\ &- \frac{1}{4} (س٣ + س٢) (ص٣ - ص٢) \\ &- (س٢ + س١) (ص٢ - ص١) \\ &- (س١ + س٥) (ص١ - ص٥) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ضعف المساحة} &= (س٣ + س١) (ص٣ - ص١) \\ &+ (س٣ + س٢) (ص٣ - ص٢) \\ &- (س٤ + س٣) (ص٤ - ص٣) \\ &- (س٤ + س٥) (ص٤ - ص٥) \\ &- (س١ + س٥) (ص١ - ص٥) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ضعف الساحة} &= ص١ (س٢ - س٥) + ص٢ (س٣ - س١) \\ &+ ص٣ (س٤ - س٢) + ص٤ (س٤ - س١) \\ &+ ص٥ (س١ - س٤) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{المساحة} &= \frac{1}{4} \text{ مج ص ن (ص ن - ١ - ص ن - ١)} \\ &= \frac{1}{4} \text{ مج ص ن (ص ن - ١ - ص ن - ١)} \end{aligned}$$

أى أن ضعف مساحة أى شكل معلوم إحداثيات رؤوسه يساوى مجموع حاصل ضرب كل إحداثى رأسى فى الفرق بين الإحداثيين الأفقيين اللاحق والسابق له. وهو يساوى أيضاً:

مجموع حاصل ضرب كل إحداثى أفقى فى الفرق بين الإحداثيين الرأسيين اللاحق والسابق له.

هذا ويمكن إيجاد المساحة بمعلومية إحداثيات النقط بطريقة بسيطة وسهلة وتتلخص فيما يلى :

١- ترتب إحداثيات كل نقطة على هيئة بسط ومقام بحيث يكون الإحداثى السينى فى البسط لكل النقط (أو العكس) وتوضع بترتيب دائرى واحد بحيث تنتهى بالنقطة التى ابتدأنا منها مع مراعاة وضع الإحداثيات بإشارتها الجبرية.

٢- بضرب كل مقام فى بسط الكسر التالى (وهو مبين بخطوط مائلة كاملة) ثم يضرب كل بسط فى المقام للحد التالى له (وهو مبين بخطوط متقطعة).

٣- تجمع كل حواصل الضرب فى الخطوط الكاملة على حدة والخطوط المتقطعة على حدة والفرق الجبرى بينهما يكون هو ضعف المساحة وذلك بغض النظر عن الإشارة الجبرية.

والمعادلة المستخدمة تكون على الشكل:

$$(٥٠) \left[\frac{١٥}{١٥} \times \frac{٤٥}{٤٥} \times \frac{٣٥}{٣٥} \times \frac{٢٥}{٢٥} \times \frac{١٥}{١٥} \right] = \text{ضعف المساحة}$$

ب - المساحة بمعلومية مركبات أضلاع الشكل:

يتم حساب المساحة المحصورة داخل أى مضلع متقل بمعلومية مركبات الأضلاع باتباع القاعدة التالية:

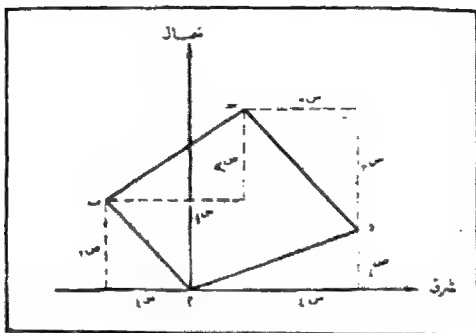
المساحة المحصورة داخل مضلع مقفل تساوى المجموع الجبرى لحاصل ضرب مسقط كل ضلع على المحور الصادى X العمود الساقط من منتصف هذا الضلع على محور الصادات مع ملاحظة النقاط التالية.

- ١- المجموع الجبرى للمركبات الأفقية للمضلع المقفل = صفر
- ٢- المجموع الجبرى للمركبات الرأسية للمضلع المقفل = صفر
- ٣- المركبة الأفقية = طول الضلع X جيب الانحراف المختصر
- ٤- المركبة الرأسية = طول الضلع X جيب تمام الانحراف المختصر.

وتتلخص الطريقة فى تدوين المركبات الأفقية والرأسية للمضلع فى جدول وتؤخذ المركبة الأفقية باعتبارها مسقط الضلع على المحور السينى ويكون ضعف العمود هو الاحداثى الصادى على أن تؤخذ أضلاع المضلع فى ترتيب دورى واحد.

فإذا كان لدينا مضلع مقفل أ ب ج د أ شكل (٨٤)

والمركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه أ ب ، ب ج ، ج د ، د أ هى على التوالى (١ ص ، ١) ، (٢ ص ، ٢) ، (٣ ص ، ٣) ، (٤ ص ، ٤) فتوجد المساحة باستخدام جدول كالآتى:



شکل رقم (۸۴)

ويمكن إبدال الإحداثى الصادى بالأحداثى السينى كضعف للعمود . وتكون المساحة المحصورة عبارة عن نصف المقدار:

$$\begin{aligned} & ص ١ س ١ + ص ٢ { ٢ س ١ + س ٢ } + ص ٣ { ٢ (س ١ + س ٢) + س ٣ } \\ & + ص ٤ { ٢ (س ١ + س ٢ + س ٣) + س ٤ } \end{aligned}$$

أي أن :

(٥١)

المساحة = $\frac{1}{4}$ مج المسقط \times ضعف العمود

ثانيا - الطرق النصف حسابية:

وتستعمل فى الأراضى الممتدة كالشرائع والمباحات الضيقة وتتلخص الطريقة فى أخذ خط أو محور يوازى طول المنطقة تقريبا إما فى الرسم أو فى الطبيعة ويقسم إلى أجزاء متساوية فى الجزء المقطوع بين القطعة ثم نقيم من نقط التقسيم أعمدة ونتبع إحدى الطرق الآتية حسب دقة الحساب المطلوبة مع أخذ الفروض الآتية:

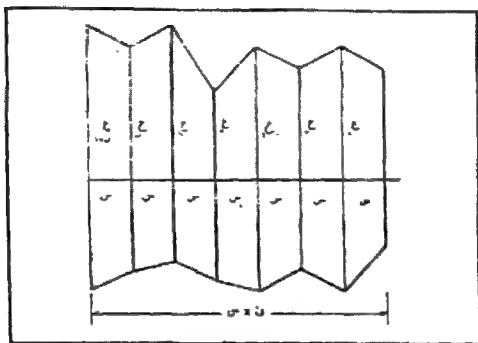
ن = عدد الأقسام فى المنطقة كلها

س = المسافة بين كل عمودين متتاليين.

١- طريقة متوسط الارتفاعات:

وهذه الطريقة تعتبر من الطرق التقريبية إذ تحسب المساحة الكلية للمنطقة على أساس أخذ متوسط الأعمدة فتحوله المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول القطعة وارتفاعه هو متوسط الأعمدة.

فإذا كان المراد حساب المساحة للقطعة المبينة في شكل (٨٥) مثلاً فإننا نجد أن:



شكل رقم (٨٥)

(٥٢)

$$\left| \frac{\text{مجموع الأعمدة}}{\text{عدد الأعمدة}} \right| \text{ المساحة} = \text{ن س}$$

$$\frac{\text{مجموع (ع ن + ١)}}{\text{ن + ١}} \text{ المساحة} = \text{ن س}$$

حيث

ن = عدد الأقسام المتساوية.

س = المسافة بين كل عمودين متتاليين:

٢- طريقة أشباه المنحرفات:

وهي طريقة أدق من سابقتها والطريقة هي أن تحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدته العمودان وارتفاعه س ، ففى شكل (٨٥) نجد أن:

$$\begin{aligned} \text{المساحة} &= \frac{1}{4} \text{ س } (١ع + ٤ع) + \frac{1}{4} \text{ س } (٤ع + ٧ع) \\ &+ \frac{1}{4} \text{ س } (٧ع + ١٠ع) + \frac{1}{4} \text{ س } (١٠ع + ١٣ع) \\ &+ \frac{1}{4} \text{ س } (١٣ع + ١٦ع) + \frac{1}{4} \text{ س } (١٦ع + ١٩ع) \\ &= \frac{1}{4} \text{ س } (١ع + ٤ع + ٧ع + ١٠ع + ١٣ع + ١٦ع + ١٩ع) \end{aligned}$$

<p>المساحة = $\frac{1}{4}$ عرض القسم (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الباقية)</p>

(٥٣)

وتعطى هذه الطريقة نتائج دقيقة إذا كانت حدود الأرض متكسرة.

٢- طريقة سمسون (الطريقة الدقيقة):

وتستعمل إذا كانت حدود الأرض منحنية تماماً بمعنى أنه يمكننا اعتبار كل ٣ نقط من الحدود عبارة عن منحنى قطع مكافئ.

<p>المساحة = $\frac{س}{3}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية الباقية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية)</p>
--

(٥٤)

$$= \frac{س}{3} [١ع + ٤ع + ١٣ع + ١٦ع + ١٩ع + ٢٢ع + ٢٥ع + ٢٨ع + ٣١ع + ٣٤ع + ٣٧ع + ٤٠ع + ٤٣ع + ٤٦ع + ٤٩ع + ٥٢ع + ٥٥ع + ٥٨ع + ٦١ع + ٦٤ع + ٦٧ع + ٧٠ع + ٧٣ع + ٧٦ع + ٧٩ع + ٨٢ع + ٨٥ع + ٨٨ع + ٩١ع + ٩٤ع + ٩٧ع + ١٠٠ع]$$

أمثلة 2

مثال ١،

قطعة أرض علي هيئة مثلث أضلاعه هي:

$$\text{أ} = ٦٦٣,٧٥ \text{ م} \quad \text{ب} = ٦٣٢,٢٠ \text{ م} \quad \text{ج} = ٦٥٤,٠٥ \text{ م}$$

أوجد مساحة هذه القطعة بالهكتار.

الحل،

$$\text{أ} = ٦٦٣,٧٥ \quad \text{ح-أ} = ٣١١,٢٥$$

$$\text{ب} = ٦٣٢,٢٠ \quad \text{ح-ب} = ٣٤٢,٨٠$$

$$\text{ج} = ٦٥٤,٠٥ \quad \text{ح-ج} = ٣٢٠,٩٥$$

$$\text{ح} = ١٩٥ \quad \text{ح} = ٩٧٥$$

$$\sqrt{(ح - \text{أ}) (ح - \text{ب}) (ح - \text{ج})} = \text{المساحة}$$

$$\sqrt{٩٧٥ \times ٣١١,٢٥ \times ٣٤٢,٨٠ \times ٣٢٠,٩٥} =$$

$$= ١٨٢٧٢٤ \text{ متر مربع} = ١٨,٢٧٢٤ \text{ هكتار}$$

مثال ٢،

أوجد المساحة المحصورة داخل المضلع المقفل الذي إحداثيات رؤوسه هي :-

$$\text{نقطة ١} \quad \text{س} = ٨,٣٥ \quad \text{ص} = ٥٥,٤٣$$

$$\text{نقطة ٢} \quad \text{س} = ٤٦,٦٨ \quad \text{ص} = ٩٣,٧٨$$

$$\text{نقطة ٣} \quad \text{س} = ٧٩,٤٠ \quad \text{ص} = ٦٦,١٠$$

$$\text{نقطة ٤} \quad \text{س} = ٦٣,١٢ \quad ١٤,٢٢ =$$

$$\text{نقطة ٥} \quad \text{س} = ٢٣,١٥ \quad \text{ص} = ١٩,١٦$$

الحل،

$$\text{ضعف المساحة} = \text{س}_١ (\text{ص}_٢ - \text{ص}_٥) + \text{س}_٢ (\text{ص}_٣ - \text{ص}_١)$$

$$+ \text{س}_٣ (\text{ص}_٤ - \text{ص}_٢) + \text{س}_٤ (\text{ص}_٥ - \text{ص}_٣) + \text{س}_٥ (\text{ص}_١ - \text{ص}_٤)$$

$$= ٨,٣٥ (٩٣,٧٨ - ١٩,١٦) + ٤٦,٦٨ (١٠٠,٤٣ - ٥٥,٤٣)$$

$$+ ٧٩,٤٠ (١٤,٢٢ - ٩٣,٨٧) + ٦٣,١٢ (١٩,١٦ - ٦٦,١٠)$$

$$+ ٢٣,١٥ (٥٥,٤٣ - ١٤,٢٢)$$

$$= ٨,٣٥ \times ٧٤,٦٢ + ٤٦,٦٨ \times ١٠,٦٧$$

$$+ ٧٩,٤٠ (- ٧٩,٥٦) + ٦٣,١٢ (- ٤٦,٩٤)$$

$$+ ٢٣,١٥ \times ٤١,٢١$$

$$= ٧٢٠٤,٧ \text{ م}^٢$$

$$\text{المساحة} = \frac{٧٢٠٤,٧}{٢} = ٣٦٠٢,٣٥ \text{ م}^٢$$

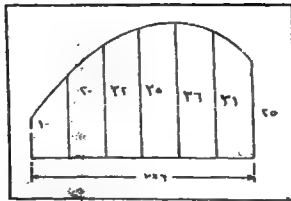
مثال ٢،

أوجد مساحة القطعة المبيّنة في شكل (٨٦) بطريقة :

(أ) متوسط الارتفاعات.

(ب) أشباه المنحرفات.

(ج) طريقة سمسون ، وأى الطرق فى رأيك أدقها ؟



شكل رقم (٨٦)

الحل:

١- طريقة متوسط الارتفاعات :

$$\frac{(١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤)}{١ + ٦} \text{ المساحة } = \text{ ن س }$$

$$\left(\frac{١٠ + ٢٠ + ٣٢ + ٣٥ + ٣٦ + ٣١ + ٢٥}{٧} \right) ١٠ \times ٦ =$$

$$١٦٢٠ = \left(\frac{١٨٩}{٧} \right) ١٠ \times ٦ = \text{ متر مربع}$$

ب- طريقة أشباه المتحرفات :

$$\frac{٣٦}{٢} = \text{ المساحة } = \left[(١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤ + ١٤) \right]$$

$$\left[(٢٠ + ٣٢ + ٣٥ + ٣٦ + ٣١ + ٢٥) \right] \frac{١٠}{٢} =$$

$$\{ (١٨٩) \} \frac{١٠}{٢} =$$

$$(٢٠٨ + ٣٥) ٥ =$$

$$١٧١٥ \text{ متر مربع}$$

ج - طريقة سمسون :

عدد الأقسام زوجية وعليه فإن :

المساحة $= \frac{S}{4}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية) .

$$\left[(٢٠ + ٣٥ + ٣١) ٤ + (٣٢ + ٣٦) ٢ + ١٠ + ٢٥ \right] \frac{١}{4} =$$

$$١٧١٦,٦ \text{ متر مربع} = (٣٤٤ + ١٣٦ + ٢٥) \frac{١}{4} =$$

وتعتبر طريقة سمسون هي أدق نظراً لأن حدود القطعة منحنية

مثال ٤،

أ ب ج منطقة مثلثية رؤسها موجودة في الخرائط الآتية:

نقطة أ تبعد ٤ سم ، ٦ سم عن الحد الشرقي والشمالي للخرائط الزراعية $\frac{٨٤}{٧٦}$

نقطة ب تقع في مركز الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{١٧}{٨٧}$

نقطة ج تبعد ٤ سم ، ٢ سم عن الحد الغربي والجنوبي للخرائط

١ : ١٠٠٠٠ رقم $\frac{٨}{١١}$

والمطلوب هو حساب مساحة هذه القطعة إلى أقرب رقم عشري واحد من الفدان.

الحل:

إحداثيات نقطة أ: $س = ٧٦ + ١٥ - ١٠٠ = ٧٢$ كم

ص $= ٨٤ - ١ + ١٥ = ٨٨$ كم.

إحداثيات نقطة ب: $س = ٨٧ + ٧,٥ = ٩٤,٥$ كم

ص $= ١٧٠ + ٥ = ١٧٥$ كم.

إحداثيات نقطة ج: $س = ١٠٠ + ٧,٤ = ١٠٧,٤$ كم

ص $= ٨٠ + ٦,٢ = ٨٦,٢$ كم.

ضعف المساحة = (ص ب - ص ج) + (ص ج - ص ا) + (ص ا - ص ب)

ضعف المساحة = $٧٧,١ (١٧٥ - ٨٦,٢) + ٩٤,٥ (٨٦,٢ - ٨٤,٨٥) +$

$١٠٧,٤ (٨٤,٨٥ - ١٧٥)$

$= ٩٠,١٥ \times ١٠٧,٤ - ٣٥ \times ٩٤,٥ + ٨٨,٨ \times ٧,٤ =$

$٢٦٨١,٤١٥$

المساحة المطلوبة = $١٣٤٠,٧٠٧٥$ كم مربع = $٢١٩٢١٦,١$ فدان

مثال ٥:

أوجد مساحة المضلع المقفل أ ب ج د الذي مركبات أضلاعه هي:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية
أ ب	٢٠ غرباً	٣٠ شمالاً
ب ج	٤٠ شرقاً	١٥ شمالاً
ج د	٣٠ شرقاً	٢٥ جنوباً
د أ	٥٠ غرباً	٢٠ جنوباً

الحل:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضلع العمود	المسقط × ضلع العمود
أ ب	٢٠ -	٣٠ -	٣٠ = ٣٠ -	٦٠٠ - = ٢٠ - × ٣٠ +
ب ج	٤٠ -	١٥ -	٧٥ = ١٥ - ٣٠ × ٢	٣٠٠٠ - = ٤٠ × ٧٥ +
ج د	٣٠ -	٢٥	٦٥ = ٢٥ - (١٥ + ٢٠) ٢	١٩٥٠ - = ٣٠ × ٦٥
د أ	٥٠ -	٢٠ -	٢٠ = (٢٥ - ١٥ + ٣٠) ٢	٤٠٠٠ - = ٥٠ - × ٢٠
			٢٠ + = ٢٠ -	٣٣٥٠ = مج

$$\frac{1}{4} = \frac{1675}{3350} \times \frac{1}{4} = \frac{1675}{3350} \times \frac{1}{4}$$

حل آخر وللتحقيق:

الضلع	مركبة أفقية	مركبة رأسية	ضلع العمود	المسقط × ضلع العمود
أ ب	٢٠ -	٣٠ -	٢٠ - = ٢٠ -	٦٠٠ - = ٣٠ × ٢٠ -
ب ج	٤٠ +	١٥ -	٤٠ = ٢٠ × ٢ -	٣٠٠٠ - = ٤٠ × ٧٥ -
ج د	٣٠ +	٢٥ -	٧٠ = ٣٠ + (٤٠ + ٢٠ -) ٢	١٧٥٠ - = ٢٥ - × ٧٠
د أ	٥٠ -	٢٠ -	٥٠ = ٥٠ - (٢٠ + ٤٠ + ٢٠ -) ٢	١٥٠٠ - = ٢٠ - × ٥٠
				٣٣٥٠ - = مج

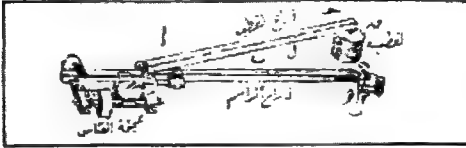
$$\frac{1}{4} = \frac{1675}{3350} \times \frac{1}{4} = \frac{1675}{3350} \times \frac{1}{4}$$

إيجاد المساحات بالطرق الميكانيكية:

وهي طرق تعتمد على استخدام أجهزة معينة في حساب المساحات المختلفة مثل أجهزة البلاييمتر ومسطرة التفدين وأهمها البلاييمتر القطبي.

البلاينيتر القطبي،

ويعتبر البلاينيتر القطبي أفضل الطرق في إيجاد المساحات غير المنتظمة داخل أي شكل مغلق وذلك بواسطة إمرار سن مدبب بالجهاز على محيط هذا الشكل ، ويتركب البلاينيتر من ذراعين متصلان بمفصل كروي شكل (٨٧)

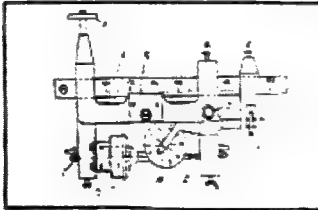


شكل رقم (٨٧)

والذراع أ ج يسمى الذراع الثابت أو ذراع القطب وطوله ل

والذراع أ ب يسمى الذراع الراسم أو ذراع القياس وطوله ع.

وينتهي ذراع القطب بشقل ق به إبرة تشبث على الخريطة أثناء الاستعمال وينتهي ذراع القياس أو ذراع الراسم بسن مدببة ه وعلى مسافة ع من المفصلة ومن الجهة الأخرى وعلى مسافة (و) توجد عجلة القياس وهي عجلة مثبتة على محور أفقي يوازي ذراع الراسم ومتصل بقرص أفقي مقسم إلى ١٠ أقسام بحيث لو دارت عجلة القياس لفة كاملة يدور معها القرص قسماً واحداً شكل (٨٨)



شكل رقم (٨٨)

وتوجد أمام العجلة الرأسية ونية تقرأ $\frac{1}{8}$ من أصغر أقسام العجلة الرأسية.

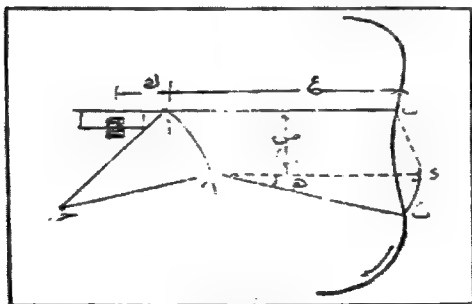
ويلاحظ أنه عندما يتحرك سن الإبرة على الورقة فإن العجلة تدور رأسياً ويتحرك تبعاً لها القرص الأفقى.

ويمكن حساب المساحة المحصورة داخل أى شكل مقفل بالمرور على حدود الشكل الخارجية وذلك بتحريك طرف الذراع الراسم على حدود الشكل مع تثبيت الثقل في عند النقطة ج مكانه على اللوحة.

نظرية الجهاز:

لو فرضنا أن الراسم تحرك مسافة صغيرة أى أن المفصلة أ تحركت من أ إلى أ' كما في شكل (٨٩) فيمكن تحليل هذه الحركة إلى:

- ١- حركة الذراع أ ب موازياً لنفسه حتى يأخذ الوضع أ ه مسافة مقدارها ص
- ٢- حركة دوران الذراع من الوضع أ د إلى أ ب بزاوية مقدارها ه وعلى ذلك فتكون المساحة المقطوعة :



شكل رقم (٨٩)

$$= \text{مساحة متوازي الأضلاع أ ب د أ'} + \text{مساحة المثلث أ' د ب'}$$

(أ)

$$= \text{ع ص} + \frac{1}{4} \text{ع هـ}$$

وبالنسبة إلى عجلة القياس فنجد أنها في أثناء الحركة الأولى دارت حول محورها وقطعت مسافة من ص وأثناء دوران ذراع الراسم حول أ نجد أنها دارت في اتجاه عكسي قاطعة مسافة على محيطها طرلها = - و هـ
وعلى ذلك فإن الجزء الذي دار من العجلة هو (ص - و هـ) = د د.

(ب)

$$\text{أي أن ص} = \text{د} + \text{و هـ}$$

وبالتعويض في (أ) من (ب)

$$\text{المساحة المقطوعة} = \text{ع د} + \text{ع و هـ} + \frac{1}{4} \text{ع هـ}$$

$$= \text{ع د} + \text{هـ} (\text{ع و} + \frac{1}{4} \text{ع هـ})$$

فإذا تحرك الراسم علي حدود الشكل كله فتكون المساحة الكلية هي عملية تكامل المساحة الجزئية المقطوعة - ولكننا نلاحظ أنه تحريك الراسم حول الشكل كله ابتداء من نقطة ما والثقل خارج الشكل في اتجاه عقرب الساعة مثلاً على حدود الشكل على أن نعود لنفس النقطة فنجد إن إشارة الزاوية هـ التي رآها ذراع الراسم بالزائد عند التحرك من أعلى إلى أسفل وبالتناقص عند التحرك من أسفل إلى أعلى ، وبذا يكون مجموع الزاوية هـ = صفر.

وتكون مساحة الشكل = ع د.

أى طول ذراع الراسم X طول المساحة التى دارها محيط العجلة فإذا كان نصف قطر العجلة $نق$ يكون محيطها $= ٢ ط نق$ وإذا دارت العجلة عدد من الدورات فتكون المسافة المقطوعة $د$ هى:

$$د = ٢ ط نق$$

والمساحة المطلوبة هى $= ٢ ع ن ط نق = ن « ٢ ع ط نق » ن ك$ حيث $ك = ٢ ع ط نق$.

وتحسب $ن$ كفروق قراءتي تدريج العجلة الأولى من الأخيرة. وفى حالة ما إذا كان الثقل داخل الشكل المطلوب إيجاد مساحته فيجب إضافة ثابت هو قيمة مساحة الدائرة الأساسية القطبية.

جدول البلانيمتر القطبى

مقياس الرسم ١ : ٢ م	قواعد ذراع الرسم ع	العدد الثابت لوحدة الورنية		الثابت القطبى
		١ : ١	١ : ٢ م	
١ : ١٠٠٠	٦ ١٠٠	١٠,٠٠ سم ^٢	١٠ م ^٢	٢٣٤٨٦
١ : ١٥٠٠	٨٩,٥٠	٨,٨٨٨ سم ^٢	٢٠ م ^٢	٢٣٩٧٠
١ : ٥٠٠	٨٩,٦٠	٨,٠٠٠ سم ^٢	٢ م ^٢	٢٤٦٤٣
١ : ٢٥٠٠	٦٤,٧٠	٦,٤٠٠ سم ^٢	٤٠ م ^٢	٢٦٨٨٧
١ : ٢٠٠٠	٥٠,٧٠	٥,٠٠٠ سم ^٢	٧٠	٣٠٢٤٣
١ : ٣٠٠٠	٤٥,٢٠	٤,٤٤٤ سم ^٢	٤٠	٣٣١٦٣
١ : ٥٠٠٠	٨٠,٨٠	١,٠٠٠ سم ^٢	١٠٠	٣٥٦٧٧

قراءة العجلة وتحديد طول ذراع الراسم

تنقسم العجلة إلى مائة قسم ويمكن بواسطة ورنية قراءة $\frac{1}{١٠٠}$ من أقسام العجلة أى $\frac{1}{١٠٠٠٠}$ من دورة كاملة للعجلة ، ويتحرك مع العجلة قرص عمودى

على مستواها يبين اللغات الكاملة للعجلة وبذلك يبين القرص الآلاف والعجلة
المئات والعشرات وتبين الورنية الأحاد.

وفى المعتاد يسلم مع كل بلاييمتر جدول توضيحي لأطوال ذراع التخطيط
الواجب العمل بها فى حالة مقاييس الرسم المختلفة عندما يجب أن تكون أصغر
قراءة على الورنية بالوحدة البلاييمترية ١٠ أو ٢٠ م ويمكن تغيير طول الذراع
حسب الجدول المرفق بكل جهاز بتحريك الإطار الذى يحل العجلة. والجدول
المبين يبين نموذجاً من جدول البلاييمتر.

فإذا كان :

ع = طول ذراع الراسم ، ي = محيط العجلة

ن = عدد اللغات حيث تحتوى كل لغة على ١٠٠٠ وحدة بلاييمترية

م = مقياس الرسم.

وبذلك تكون المساحة

ح = ع . ي . ن لمقياس رسم ١ : ١ بالمتر المربع.

ح = ع . ي . ن (م) لمقياس الرسم ١ : م .

ويكون قيمة العدد الثابت على الخريطة مساوياً للمقدار = ع ط نق .

وقيمة العدد الثابت فى الطبيعة = ع ط نق (م) ٢.

طريقة استعمال البلاييمتر لإيجاد مساحات الأشكال المقصلة :

١- نختار أى نقطة على محيط الشكل المراد إيجاد مساحته بحيث يقطع
ذراع الراسم الشكل فى منتصفه تقريباً ويختار موضع القطب فى امتداد مستوي
العجلة أى أن يكون الذراعان عموديين تقريباً على بعضهما - وعموماً يجب ألا
تزيد الزاوية بين الذراعين عن ١٥٠ ولا تقل عن ٣٠°.

٢- يجرب البلاييمتر بإمرار السن المدب بسرعة على حدود الشكل للتأكد من

إمكان إمراره على المحيط بأكمله والتأكد أيضاً من وقوع العجلة دائماً على اللوحة.

٣- تعلم بعد ذلك نقطة البداية ثم يبدأ القياس بإمرار السن المدبب على محيط الشكل في اتجاه عقرب الساعة وبسرعة منتظمة إلى أن تصل إلى نقطة البداية ثانية.

٤- ويكرر القياس ثلاث مرات على الأقل وفي كل مرة يستحسن أن يكون القياس تارة بحيث يكون الثقل فيها على يمين ذراع التخطيط ويسمى الجهاز في هذه الحالة (متيامن) وتارة أخرى يكون الثقل على يسار ذراع التخطيط ويكون الجهاز في هذه الحالة (متياسر) وفي كل مرة تؤخذ قراءات العجلة قبل وبعد القياس.

وتسمى القراءة الأولى قراءة البداية والقراءة الأخيرة قراءة النهاية.

٥- نضرب عدد مرات الدوران أو وحدات الورنية حسب الحالة في ثابت الجهاز أي العدد الثابت لوحدة الورنية أو للدورة الواحدة - لتحصل على المساحة المطلوبة .

فإذا كانت القراءة الأولى q_1 والأخيرة هي q_2 والعدد الثابت المقابل لمقياس رسم الخريطة هو m فتكون المساحة مساوية :

$$\text{المساحة} = m (q_2 - q_1)$$

= العدد الثابت المقابل لمقياس الرسم (القراءة الأخيرة - القراءة الأولى).

٦- يجب ألا تزيد فروق القراءات عموماً عن ١٪ من الوحدات البلايمترية - ولإمكان حساب الدورات ن أو الوحدات البلايمترية q تلاحظ أن القرص الأفقي يبين الآلاف من الوحدات البلايمترية بينما تبين العجلة المئات والعشرات منها وتبين الورنية الآحاد.

ففي شكل (٨٨) نجد أن مؤشر القرص يقع بين الرقمين ٦ ، ٧ فتكون الآلاف ٦٠٠٠ وحدة وورنية أو ٦ دورات .

فإذا كان صفر الورنية يبين رقم ٢ وشرطتين فمعنى ذلك أن:

المئات هي ٢٠٠ وحدة ورنية والعشرات هي ٢٠ وحدة ورنية.

وإذا كان رابع قسم من الورتية ينطبق على أحد أقسام العجلة فالأحاد هو ٤ وحدات ورنية.

وتكون القراءة الكلية هي ٦٢٢٤ وحدة ورنية أو ٦٢٢٤ دورة مع ملاحظة عدد مرات دوران القرص الأفقي فإذا دار القرص الأفقي حول نفسه مرة واحدة فمعنى ذلك أن العجلة دارت ١٠ دورات فتكون القراءة الأخيرة هي ١٦٢٢٤ دورة أو ١٦٢٢٤ وحدة ورنية .

٧- أحياناً يستعمل الجهاز والثقل داخل الشكل - - هنا إذا كانت المساحة المطلوبة كبيرة ومن المتعذر أن تدور إبرة الراسم على محيطها دفعة واحدة - وهذه الطريقة غير مستحبة على الإطلاق حيث يجب أن نضيف دائماً إلى وحدات الورتية العدد الثابت القطي الموجود بجدول البلايتمتر إذا كانت القراءة متزايدة ، أما إذا كانت القراءة متناقصة فيجب طرح فرق القراءتين من العدد الثابت.

٨ - إذا استعمل البلايتمتر في قياس مساحة شكل مرسوم بمقياس رسم غير موجود بالجدول فتوجد مساحة الشكل يفرض أنه مرسوم لأحد مقاييس الرسم المبينة بالجدول ثم تحسب المساحة الحقيقية بتطبيق القانون:

$$\left(\frac{\text{مقياس الرسم المفروض}}{\text{مقياس الرسم الحقيقي}} \right)^2 \text{ المساحة الحقيقية} = \text{المساحة الناتجة من البلايتمتر}$$

مسائل

١- قطعة أرض علي هيئة مثلث مساحتها ٩ أفدنة فإذا كانت د منتصف الحد ب ج فما هو طول الحد أ ب إذا كانت الزاوية أ د ج = ٧٢° ، أ ب = ٨٥ متر.

٢- مضلع احداثيات رؤوسه هي :

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦
س صفر	٢١,٦١	١٢,٣٤	١٦,١٣	٢٨,٦٨	١١,٠٧	
ص صفر	٢٥,٣٢	٥٤,٣٢	٨٢,٨٤	٤٩,٦٢	١٠,٤٨	

عين المساحة المحصورة داخل المضلع بثلاث طرق

٣- قطعة أرض مثلثية الشكل أطوال أضلاعها ٦٨,٤٢ ، ٧٤,٦٥ ، ٧٤,٧٤ عين مساحتها.

٤- أ ب ج د ه و قطعة أرض فيها مركبات الأضلاع كما يلي:

أ ب : ١٦ شرقا ، ٤٨ جنوبا ، ب ج : ٧٧ غرباً ، ٨٨ جنوبا ، ج د = ١١١ غرباً ، ١٦ شمالا ، د ه : ٥٠ شرقاً ، صفر شمالا . ما مساحة قطعة الأرض بالأمطار المربعة . وإذا أريد اقتطاع المساحة أ ه د فما نسبة هذه المساحة إلي المساحة الكلية للأرض.

٥- إذا كانت الاحداثيات التالية هي لرؤوس المضلع أ ب ج د ه و أ

النقط	أ	ب	ج	د	ه	و
الاحداثي الرأسى (م)	٤٠	٧٧	٦٥	٨٣	٣	١٤
الاحداثي الأفقي (م)	١٠	٤٥	٨٧	١٣٨	١٠٤	٣٦

أوجد المساحة المحددة بأضلاع الترافرس. "الجواب ٦٠٦١ م^٢

٦- قطعة أرض لها ثلاثة حدود مستقيمة أ ب ، ب ج ، ج د أما الحد الرابع فهو متعرج ، أ ب = ٥٢٠ متراً ، ب ج = ٦٦٠ متراً ، ج د = ٤٧٦ متراً ، أ د ٨١٩ متراً ، أ ج = ٨٦٢ متراً والاحداثيات العمودية علي أ د الي الخارج للحد المتعرج هي صفر ، ١٤ ، ٤ ، ١٩ ، صفر عند المسافات صفر ، ١٥٠ ، ٣٣٠ ، ٤٣٤ ، ٨١٦ متراً من النقطة أ ،
احسب مساحة هذه القطعة.

٧- قطعة أرض مستطيلة الشكل أ ب ج د يمتلكها أخوان ، فيها الضلع أ د ٨٠٠ متراً ، أ ب = ٦٠ متراً - ويوجد عند حد القطعة أ د وعلى بعد ١٩ متراً من د حصان مربوط بحبل طوله ٣٨ متراً - ويمتلك الحصان أحد الأخوين - والقطعة مقسمة ٤:١ بين الأخوين - وصاحب الحصان له النصيب الأصفر - فهل يرى الحصان في مساحة (حسب أقصى ما يسمح له الحبل المربوط به) تتجاوز مساحة ما يملكه صاحبه أم لا وما هو مقدار هذا التجاوز ؟

٨- أرض مربعة الشكل طول ضلعها ١٠٠ متراً - يراد إنشاء طريق في اتجاه قطر المربع بحيث لا تزيد مساحة الطريق عن $\frac{1}{4}$ مساحة القطعة الكلية - عين عرض الطريق.

٩- قطعة أرض على هيئة شبه منحرف أ ب ج د فيها أ ب // ج د ، ب ج عمودي على كل من ج د ، أ ب والأطوال هي :
ج د = ١٦٠ م ، ب ج = ٤٠ م ، أ ب = ٨٠ م نقطة م تنصف ج د والمطلوب اقتطاع ١٣ هكتار تحوي م د ، د أ - فعلى أي بعد من أ تقع نقطة التقسيم.

١٠- مضلع مركبات أضلاعه هي:

أ ب ٢٥٠ شمالاً ، ٣٥٠ شرقاً

ب ج ٦٠٠ جنوباً ، ٥٥٠ شرقاً

ج د ٢٥٠ جنوباً ، ٤٥٠ غرباً

د ه غرباً تماماً ، ه أ شمالاً تماماً

عين مساحة هذا المضلع لأقرب فدان إذا كانت المركبات بالأمطار وذلك بعد رسمه بمقياس مناسب .

وإذا أريد اقتطاع الجزء د ه فما هي نسبة المساحة المستقطعة ؟

١١- أ ب ج قطعة مثلثية قائمة الزاوية في ب ، أ ب = ٤ م ، ب ج =

٣ م ويراد تقسيم القطعة الى قسمين متساويين بحيث يوازي خط التقسيم د ه الحد ج أ وينتهي عند حد التقسيم د ه أوجد كل الأبعاد اللازمة للتقسيم.

١٢- قطعة أرض على هيئة شكل رباعي أ ب ج د فيه أ ب - ١٠ ، ب ج =

٦٠ ، ج د = ١٤٠ ، د أ = ١٢ والزاوية أ = الزاوية ج . عين مساحتها إلى أقرب متر مربع .

الباب الثامن

الميزانية

Levelling

الميزانية هي العملية المساحية التي تبحث في الطرق اللازمة لإيجاد البعد الرأسى بين النقط المختلفة على الأرض ، ومقارنة ارتفاعات هذه النقط وانخفاضاتها عن مستوى ثابت يسمى (مستوى المقارنة Datum).

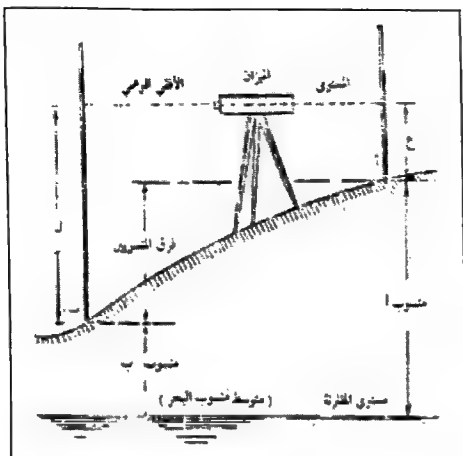
وتعتبر الميزانية من أهم الموضوعات المساحية على الإطلاق بالنسبة للمهندسين والعاملين فى المجال الهندسى ، بل وتعتبر أساساً لكل المشروعات الهندسية ولا غنى عنها مطلقاً. ونحتاج إلى الميزانية فى أغراض شتى أخرى مثل إنشاء الترع والمصارف وإنشاء الجسور والطرق وتسوية الأراضي وإنشاء الكبارى والمباني وغيرها الكثير.

مستوى المقارنة Datum

تتخذ كل دولة من دول العالم مستوى مقارنة خاص بها تنسب إليه ارتفاعات وانخفاضات النقط الموجودة بأراضيها ، وفى جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح الماء فى البحر الأبيض المتوسط داخل ميناء الإسكندرية هو مستوى المقارنة ويطلق عليه (متوسط منسوب سطح البحر) أو (Mean Sea Level).

منسوب النقطة Reduced Level

يعرف البعد الرأسى بين أى نقطة على سطح الأرض وبين مستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة - وهو موجب إذا كنت النقطة فوق مستوى المقارنة وسالباً إذا كانت تحت مستوى المقارنة. والنقط ذات منسوب صفر هي النقط الواقعة على امتداد مستوى سطح البحر شكل (٩٠).



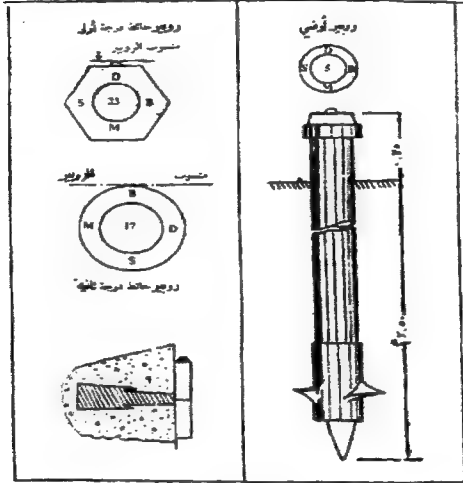
شكل رقم (٩٠)

نظريّة الميزانية.

لقياس الفرق بين ارتفاعي نقطتين مثل أ ، ب وإيجاد الفرق بين منسوبيهما شكل (٩٠) نعين مستوى أفقي وهمي بجهاز يسمى الميزان ثم نقيس البعد الرأسى بين كل من أ ، ب وهذا المستوى الأفقي الوهمي بواسطة مقياس مدرج يسمى القامة ونفرض أنهما (ع ، ل) . الفرق بين هذين البعدين يساوى الفرق بين منسوى أ ، ب .

علامات المناسيب (الروبير) : Bench Marks

لإيجاد منسوب أى نقطة يجب أن نبدأ من مستوي المقارنة وهو سطح البحر وغالباً ما يتعذر ذلك ، وتسهيلاً لذلك فقد ثبتت نقط في الطبيعة وعينت



شكل رقم (٩١)

مناسيبها ووضعت عند كل نقطة علامة تميزها بواسطة مصلحة المساحة ، ومثل هذه النقط الثابتة تسمى بعلامات الميزانية أو بالروبير وجميع الروبيرات موضوعة على الترع والمصارف والجسور ، وفي المدن تثبت في حوائط لبان يكون قد مضى على إنشائها فترة طويلة حتى نتأكد من تمام هبوطها في التربة تحت تأثير أوزانها ، والروبيرات نوعان:

روبير الحائط،

ويختلف شكله حسب دقة الميزانية عند تعيين منسوبه فيكون على شكل أسطوانة حديد مثبتة في حوائط المباني لروبيرات الدرجة الثانية (وفيها يكون المنسوب بدقة الستيمترات) - وعلى رأس مسدسة في أعلاها نصف كرة صغيرة لروبيرات الدرجة الأولى التي يعطى المنسوب فيها بدقة المليمتر شكل (٩١) وثبت الروبير بالخرسانة في الحائط كما في شكل (٩١).

روبير الأراضي،

هو عبارة عن مواسير من الحديد قطرها ٦ سم وطولها ٢٧٥ متراً ومثبتة في الأرض بواسطة بريمة. وأعلى نقطة هي المعلومة المنسوب والجزء البارز منها فوق سطح الأرض طوله ٢٥ سم شكل (٩١) وجميع هذه الروبيرات ومناسيبها معطاة في كتيبات خاصة تصدرها مصلحة المساحة والجدول الآتي يبين إحدى صفحات كتيب مناسيب مدينة الإسكندرية.

رقم الروبير	الموقع والوصف	المنسوب بالمتر
٢٣٣	يقع بطريق الحرية روبير مثبت في الزاوية الشمالية الشرقية لبناء شركة مياه الاسكندرية جنوب طريق الحرية بمسافة ٨٠ متراً تقريباً .	(١٣,٦٦٨)
٢٣٤	يقع بشارع مارك أوريل روبير مثبت في الزاوية الجنوبية الغربية لمبنى رقم ٣١ الواقع بطريق الحرية عند تقاطعه بشارع مارك أوريل أمام المستشفى اليوناني .	(١٣,٨٢٩)
١٣٥	يقع بطريق الحرية روبير مثبت في الزاوية الجنوبية الشرقية لبناء نقطة بوليس الإبراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقاطعه بشارع الأمير محمد علي للإبراهيم .	(١٤,٣٦٥)

الأجهزة والأدوات المستخدمة فى الميزانية أولاً : القامات:

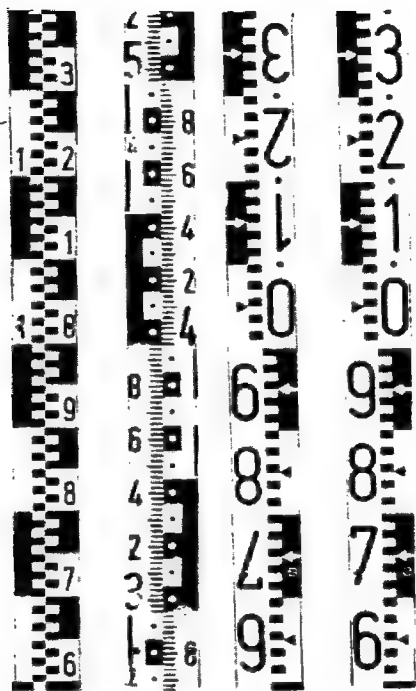
القامة هى عبارة عن مقياس بطول ٣-٤ متر مصنوعة من خشب عليه طبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية ، وهى مدرجة إلى أمتار وديسيمترات وستيمترات ، وتطلى أقسام التدرج بلونين مختلفين للتمييز بينهما وتوجد شرطة أو علامة عند كل ديسيمتر حيث يكتب الديسيمتر ١ ، ٢ ، ٣ وهكذا ، وأحياناً يثبت فى ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائرى صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل.

ولتوضيح الأمتار توجد طرق مختلفة فمثلاً يوضع أحياناً نقط أعلى الرقم الدال على الديسيمتر ويكون عدد النقط مساوياً عدد الأمتار المقاسة.

وهناك أنواع كثيرة من القامات منها القامات العادية والقامات المتداخلة والتي يطلق عليها القامات التلسكوبية والقامات التى تطوى وفى شكل (٩٢) مبين نماذج مختلفة من القامات المستخدمة فى الميزانية العادية.

طريقة قراءة القامة :

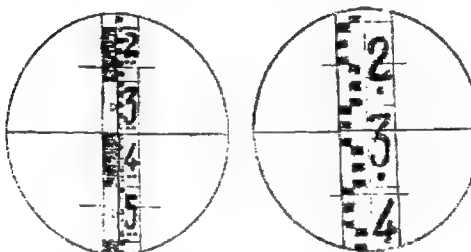
وفى بعض الأجهزة تظهر صورة القامة مقلوبة داخل المنظار ، والقامة توضع دائماً على النقط بحيث يكون صفر التدرج على النقطة المطلوب قياس منسوبها بمعنى أن القراءة تتزايد من أسفل إلى أعلى ، وفى المنظار يظهر العكس فتتزايد القراءة من أعلى إلى أسفل لذا يجب مراعاة ذلك عند تقدير القراءة على القامة بالجهاز خاصة وإذا كانت المسافة بين الجهاز والقامة صغيرة ، حينئذ يظهر جزء صغير من القامة فى المنظار شكل (٩٣) فتحدد القراءة بمعرفة اتجاه التزايد أولاً ثم بتحديد عدد النقط الدالة على الأمتار ثم بتحديد قراءة الشعرة الوسطى من ديسيمترات وستيمترات.



شكل رقم (٩٢)

فنجـد مثلاً في شكل (٩٣) أن قراءة القامة هي ١ر٣٣ متراً ، ٤٠ ٢ر متراً على التوالي.

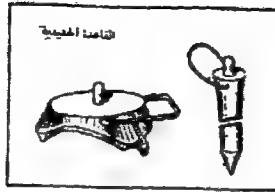
ويجب مراعاة أنه في بعض الأجهزة الحديثة تظهر الصورة في المنظار معتدلة مباشرة وفي هذه الحالة تكون القراءة على القامة متزايدة من أسفل إلى أعلى .



شكل رقم (٩٣)

القاعدة الحديدية:

أحياناً ما تجري عمليات الميزانية في أراضى طينية لينة فنجد أن القامة تغوص في الأرض وتختلف لذلك القراءات المأخوذة على القامة عن القراءات الحقيقية الواجب قراءتها . . ولهذا السبب تستعمل قاعدة حديدية مستديرة الشكل وبكل رأس من رؤوسها قائم مدبب عمودى على مستوى القاعدة شكل (٩٤) ويوضع هذه القاعدة تحت القامة لا تغوص في الأرض الرخوة ، وبنا نحصل على القراءات الحقيقية المطلوبة.



شكل رقم (٩٤)

ثانياً - الموازين:

الموازين هي الأجهزة التي يمكن بواسطتها الحصول على مستوى أفقى وهمى وذلك بأن نحصل على خط نظر أفقى مهما دار الجهاز حول محوره الرأسى ، ويقطع هذا المستوى الوهمى القامات فى القراءات المطلوبة ومنها نستنتج مناسب وفروق الأبعاد الرأسية للنقط المختلفة الموضوعة عليها القامات.

ويتكون أى ميزان مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية:

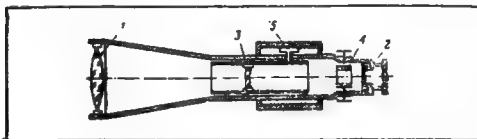
(أ) منظار مساحى. (ب) ميزان التسوية

(ج) القاعدة السفلى.

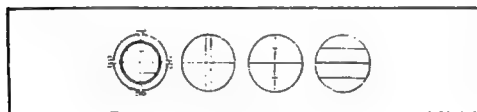
المنظار المساحى:

يتركب المنظار من أسطوانة معدنية مثبت فى أحد طرفيها العدسة الشيئية (١) شكل (٩٥) ومثبت فى الطرف الآخر العينية (٢) . والغرض من العدسة الشيئية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة ، وأما العينية فتكبر هذه الصورة وداخل اسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية (٣) وظيفتها تطبق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة السمار (٥) . وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل للشعرات (٤) وهو عبارة عن حلقة مركب بها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع

عليه صورة المرئيات وهو مثبت في اسطوانة المنظار بواسطة أربعة مسامير شكل (٩٦) ، وهو على أشكال مختلفة وأبسط أنواعه عبارة عن شعرتين أحدهما أفقية وتسمى الشعرة الأفقية الوسطى والأخرى متعامدة عليها وتسمى الشعرة الرأسية، وتوجد أحياناً شعرتين أفقيتين قصيرتين أعلى وأسفل الشعرة الوسطى تسميان بشعرات الأستاذا ويستعملان في القياس الغير مباشر للمسافات (القياس التاكيمترى).



شكل ٨٨



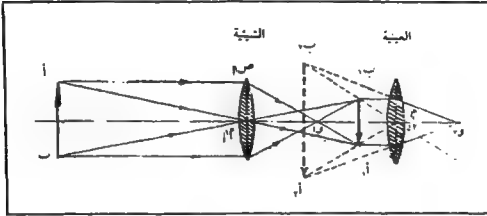
شكل رقم (٩٦)

كيفية تكوين الصورة داخل المنظار،

إذا فرض أن أ ب شاخص أو قامة موضوع أمام العدسة الشبكية للمنظار وعلى بعد أكبر من بعدها البؤرى فتتكون في الجهة الأخرى من الشبكية صورة مقلوبة مصفرة أ ب١ ولتكبيرها نستعين بالعينية لنحصل في هذه الحالة على صورة أ ب٢ وتكون تقديرية مكبرة شكل (٩٧) ويجب أن تقع على مستوى حامل الشعرات حتى لا يكون هناك ما يسمى بخطأ الوضع أو عدم التطبيق.

ميزان التسوية:

عبارة عن وعاء أسطوانى سطحه العلوى يمثل سطح برميلي الشكل ، والوعاء مملوء بالآثير فيما عدا فقاعة صغيرة من بخار الآثير على السطح الزجاجى وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار ٢ مم لتحديد مدى ضبط الأفقية .



شكل رقم (٩٧)

والزاوية اللازمة لتحريك الفقاعة علامة واحدة تسمى حساسية ميزان التسوية وتعطى دائماً بالثوان . ويكون مستوى الميزان أفقياً تماماً عندما تكون الفقاعة فى المنتصف.

القاعدة السفلى:

وتسمى قاعدة الجهاز وهى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسى للجهاز المستعمل والتي تتركز على رأس الحامل بواسطة ثلاثة مسامير متحركة يمكن بواسطتها إمالة القاعدة لضبط المحور الرأسى بواسطة ميزان التسوية الذى قد يكون مثبتا فى القاعدة نفسها أو على الجهاز نفسه.

أنواع الموازين،

تستعمل في الميزانية عدة أنواع تختلف بعض الاختلاف في تركيبها وطرق ضبطها هذا ويمكن تقسيم الموازين المستعملة في الميزانات العادية إلى :

- ١- موازين طراز كوك القديم : ذات منظار قابل للعكس . وهذا الطراز غير مستعمل نظراً لظهور موازين (حديثة).
 - ٢- موازين طراز دمبي (حديثة) : ذات منظار غير قابل للعكس ، وتكون إما ذات ميزان تسوية خارجي : أو ذات ميزان تسوية داخلي (ميكرومتر).
- هذا وسوف نتعرض للموازين الحديثة من طراز دمبي من النوعين : أي نوع ذات التسوية الخارجية والنوع الآخر ذات التسوية الداخلية.

ميزان طراز دمبي (الحديث) :

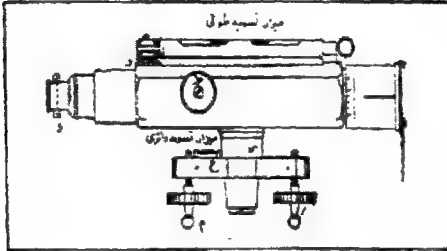
وأول من اخترع هذا الطراز كان ولیم جرافات سنة (١٨٤٨).

وفي هذا الميزان تتصل اسطوانة المنظار اتصالاً تاماً بالمحور الرأسى للجهاز ويكون محور المنظار عمودياً على المحور الرأسى لدوران الجهاز وهذا الاتصال من مزايا هذا النوع حيث لا تتأثر هذه الخاصية بكثرة الاستعمال ومن أهم خصائصه :

- ١- صغير الحجم والوزن وسهل الاستعمال والتشغيل.
- ٢- يتم تطبيق مستويات الصورة على حامل الشعرات بواسطة عدسة داخلية.
- ٣- وينقسم هذا الطراز من الموازين كما ذكرنا إلى نوعين :
 - أ - موازين ذات ميزان تسوية خارجية.
 - ب - موازين ذات ميزان تسوية داخلي.

الميزان ذو التسوية الخارجى:

يتكون من منظار مساحي في أحد طرفيه العدسة العينية ، وفي الطرف الآخر العدسة الشيئية ، وأعلى المنظار يوجد ميزان التسوية الطولى وأحياناً ميزان تسوية ثانوى برميلى الشكل متصلاً بالقاعدة (ع) - ويوجد على جانب أسطوانة المنظار مسمار التطبيق (ط) شكل (٩٨) والقاعدة (ح) مثبت بها محور الجهاز الرأسى (هـ) ، وترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاث مسامير للتسوية (م).



شكل رقم (٩٨)

وأحياناً توجد مرآة صغيرة مستوية مثبتة بواسطة مفصلة فوق ميزان التسوية الطولى الأساسى لعكس صورة الفقيعة حتي يسهل للراصد ضبط الأفقية دون أن يتحرك أو يغير موضعه ويزيد ذلك طبعاً من عمليات الجهاز ودقة الرصد. ومن أمثلته ميزان كيرن GKO-EC

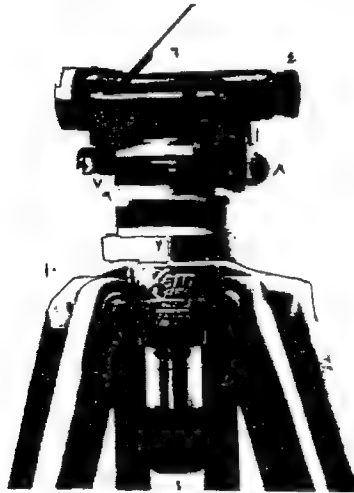
ويتميز ميزان كيرن GKO-EC بوجود دائرة أفقية مقسمة إما إلى 360° أو 400° بحيث يمكن به قياس زاوية أفقيهه بالإضافة إلى استخدامه الأصلي فى تعيين مناسيب النقطة. كما أن الصورة تظهر فيه معتدلة وبنا يستخدم معه قامة رأسية ذات تدريج قراءاته مقلولة وتزايده من أسفل إلى أعلى.

وفي شكل (٩٩) مبين أهم أجزاء ومسامير الجهاز حيث:

١- مقبض تثبيت الميزان على الحامل الخاص به (١٠).

٢- رأس الحامل والتي تسمح للجهاز بحركة رجوية بالتحكم في المقبض (١).

٣- ميزان تسوية دائري لضبط أفقية الجهاز تظهر صورته في مرآة عاكسة أعلاه مباشرة. ويضبط مرة واحدة عند تثبيت الميزان للرصد ولا يمس بعد ذلك عند تسجيل القراءات المختلفة على المقامات.

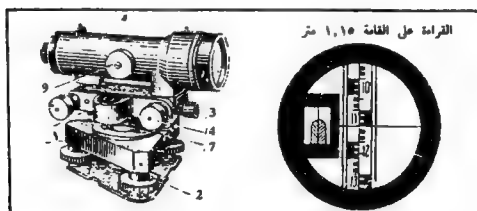


شكل رقم (٩٩)

- ٤- عينية المنظار ومركب عليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.
- ٥- مسمار تطبيق الصورة في المنظار عل مستوي حامل الشعرات.
- ٦- مرآة عاكسة متحركة حول محور أفقى لرصد حركة الفقيعة في ميزان التسوية الطولى الضابط لأفقية المحور البصرى للمنظار.
- ٧- مسمار الحركة البطيئة لدوران الميزان حول المحور الرأسى.
- ٨- مسمار ضبط أفقية ميزان التسوية الطولى الضابط لأفقية المحور البصرى (يستخدم عند تسجيل القراءات).
- ٩- الدائرة الأفقية لرصد الزوايا الأفقية بالميزان.
- ١٠- حامل الجهاز ذو ثلاثة أرجل متداخلة للتحكم في ارتفاع أو انخفاض الجهاز.

الميزان ذو التسوية الداخلية،

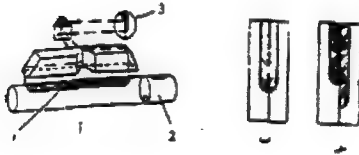
يتركب من نفس أجزاء النوع الأول ذو التسوية الخارجية غير أنه يختلف عنه فى أنه أكثر دقة ويحوي التغيرات والميزات التالية: شكل (١٠٠) .



شكل رقم (١٠٠)

١- يوجد به دائماً ميزانٍ تسوية ، إحداهما دائري (٦ - شكل ١٠٠) والآخر طولي داخلي.

٢- يرى الراصد صورة الفقيعة لميزان التسوية الطولي الداخلي داخل منظار صغير مركب بجواز العينية ذو داخل المنظار الرئيسي (شكل ١٠٠) بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتعكس صورة الفقيعة للعين بواسطة منشورات أو مرايا تختلف في تركيبها ، وشكل ١٠١ يبين أبسط هذه التركيبات وتظهر الفقيعة لميزان التسوية الداخلي منقسمة إلى جزئين متشابهين وتحرك كل جزء عكس الآخر (شكل ١٠١ - ج) أثناء ضبط أفقية الجهاز ، وعند ضبط الأفقية يظهر الجزآن منطبقان على هيئة حرف U متكامل (شكل ١٠١ - ب).

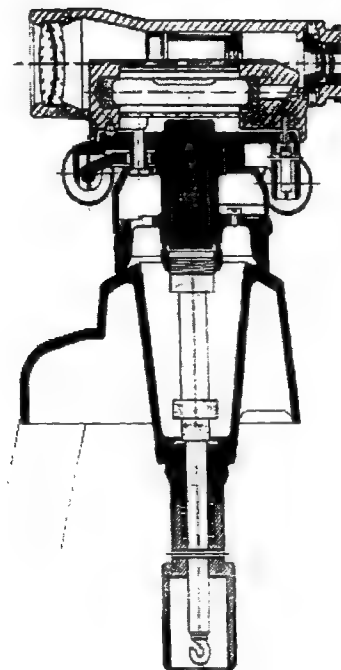


شكل رقم (١٠١)

٣- يوجد مسار خاص مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه الميكرومتر لضبط الأفقية بواسطة ميزان التسوية الداخلي وستعمل هذا الميكرومتر لضبط الأفقية عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة لأنه إذا استعملت مسامير التسوية في الضبط يتغير بذلك منسوب المستوى الأفقي الوهمي.

٤- التطابق بين طرفي الفقيعة أدق كثيراً من جعل الفقيعة في منتصف مجراها كما في النوع الأول.

٥- يركب ميزان التسوية الرئيسي داخل إطار معدني لحفظه من التأثيرات الخارجية وبذا لا تتأثر حساسية الفقيعة.



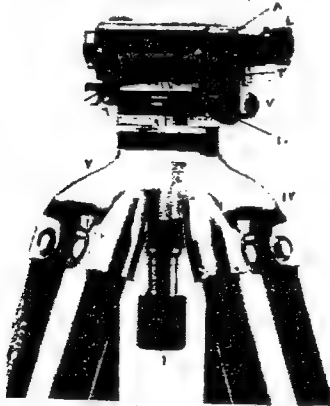
ومن أمثلته ميزان كيرن C - GK1

ميزان كيرن C-GK1

وهو من الموازين الحديثة ذات التسوية الداخلية.

ويختلف ميزان كيرن C-GK1 عن الميزان GKO-EC في أن الراصد يرى صورة الفقيعة لميزان التسوية الطولي المركب على المنظار داخل منظار صغير مركب بجواز العينية بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتنعكس صورة الفقيعة للعين بواسطة منشورات خاصة. كما أن الصورة تظهر داخل منظاره مقلوبة لنا يستخدم معه قامة رأسية مدرجة مقلوبة فتظهر في مجال المنظار معتدلة والقراءات تتزايد من أعلى إلى أسفل داخل المنظار.

وفي شكل (١٠٢) مبين أهم أجزاء الجهاز ومساميره حيث:



شكل رقم (١٠٢)

- ١- مقبض تثبيت الميزان على الحامل ذو الثلاث أرجل المتداخلة (١٢).
- ٢- رأس الحامل وبها الجزء نصف الكروي الذي يسمح بحركة رجوية للميزان عند فك المقبض (١).
- ٣- ميزان التسوية الدائري لضبط أفقية الجهاز ويعمل مع فك يد المقبض (١١).
- ٤- حلقة تطبيق حامل الشعرات المركبة على عينية منظار الجهاز.
- ٥- مسبار تطبيق الصورة داخل المنظار.
- ٦- مسار الحركة للميزان حول المحور الرأسى.
- ٧- مسار ضبط الفقيعة الداخلية لميزان التسوية الطولى.
- ٨- منظار رصد الفقيعة الداخلية وفيه ترى الفقيعة على شكل نصفي حرف U كما يظهر فى شكل (١-٣ - ١) وذلك فى حالة عدم أفقية محور المنظار الطولى. وباستخدام المسبار (٧) يتم تطبيق النصفين على بعض كما يظهر فى شكل (١-٣ - ٢) فتتحقق على الأفقية المحور الطولى للمنظار. علماً بأنه لا يمكن ضبط أفقية المحور إلا إذا كان ميزان التسوية الدائري قد تم ضبطه أولاً.



(١) (٢)

شكل رقم (١٠٢)

- ٩- الدائرة الأفقية لرصد الزوايا الأفقية.
- ١٠- عينية لرصد الدائرة الأفقية.
- ١١- سطح عاكس لإثارة مجال الرؤية داخل منظار الفقيعة.

ومن أهم خواص ميزان كيرن GK1-C ما يأتي:

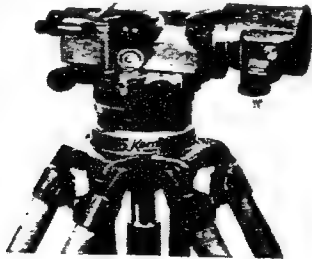
- قوة التكبير لمنظاره (X ٢٢,٥)
- أقل بعد لهدف يمكن رصده ٩٠ . متر
- القراءة التقريبية علي النائرة الأفقية ٠,١ (١ . ٤)
- وزن الجهاز ٩ . كيلوجرام
- دقة تعيين المناسيب $\pm (٢,٥ - ٤ \text{ مم}) / ١$ كيلوجرام .

الموازين الدقيقة والأتوماتيكية،

١- الموازين الدقيقة،

وهي موازين روعي في تصميمها وصناعتها استخدامها في أعمال الميزانيات الدقيقة بجانب الميزانيات الهندسية العادية لذا فنجد أن هذه الموازين ذات استقرار وثبات أثناء الرصد كما يمكن تركيب ألواح توازي على شبيثة الميزان وذلك لتقدير كسور السم والمم في أعمال الميزانية الدقيقة.

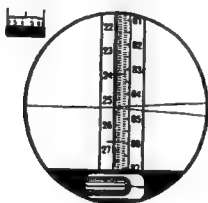
ومن أمثلته الموازين الدقيقة ميزان كيرن GK 23 وميزان كيرن GK 23-C المزود بدائرة أفقية.



شكل رقم (١٠٤)

وفى شكل (١٠٤) مبين ميزان كيرن - C GK 23 مركب على العدسة الشينية له مجموعة لوح التوازي (١٢) المزود بميكرومتر للقراءة (١٣).

أما فى شكل (١٠٥) فلقد بين مجال الرؤية فى المنظار للميزان المزود بلوح التوازي عند رصد قامة دقيقة من الأتفار حيث كانت القراءة على القامة (المحصورة بالشعرتين ذات الزاوية الحادة) هى ٢٥٣ وحدة قياس والقراءة المأخوذة بالميكرومتر هى ٠.٤٣٠ وحدة فتكون القراءة الكلية هى ٢٥٣.٤٣٠ وحدة قياس على القامة حيث وحدة القياس - سم أى أن ارتفاع خط النظر عن صفر القامة يكون مساوياً ١٢٦ ر ٧١٥ سم.



شكل رقم (١٠٥)

أهم خواص ميزان كيرن GK 23

- دقة تعيين فروق المناسيب عند استخدام قامة عادية ± ٢ مم / ١ كيلومتر دقة تعيين فروق المناسيب عند استعمال لوح توازى وقامة
- انقار ± ٥ و. مم / ١ كيلومتر
- قوة التكبير لمنظار ميزان GK 23 (٣٠ ×)
- قوة التكبير لمنظار ميزان GK 23-E (٣٢ ×)
- أقل بعد لهدف يمكن رسده بميزان GK-23 ١.٨ م

أقل بعد لهدف يمكن رصده	Gk 23 - E	٢٠١ م
أطول خط نظر لقراءة ١ سم علي القامة بوضوح		٤٠٠ مم
أطول خط نظر لقراءة ١ سم بالتقريب علي القامة		٢٠٠ مم
قطر الدائرة الأفقية المزودة بها الميزان		٦٢ مم

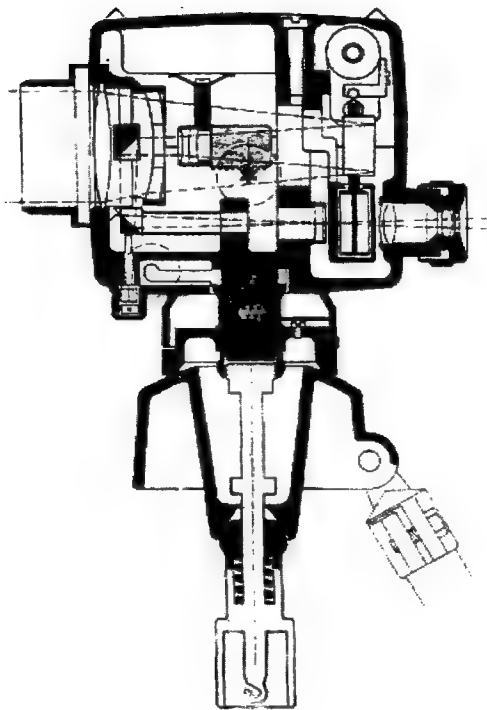
ب - الموازن الأتوماتيكية،

وهي موازن آلية الضبط أو ذات ضبط ذاتي وفي هذا النوع من الموازن استغنى عن ميزان التسوية الرئيسي واستعاض عنه بما يسمى (Compensator) وهو عبارة عن منشور زجاجي يوضع بين الشيشية وحامل الشعرات ومعلق داخل المنظار وهذا المنشور يمكنه تصحيح الفروقات الصغيرة في ميل خط النظر بداخل المنظار حيث لا يمر منه إلى الخط الأفقي عند موضع الشعرة الوسطى رغم إمالة المناظر في حدود ضيقة ، عند استعمال هذه الموازن يكتفى فقط بضبط ميزان التسوية الدائري باستعمال مسامير التسوية الثلاثة ثم يضبط الميزان نفسه بعد ذلك ذاتياً من تلقاء نفسه ومن أمثلته ميزان كيرن GKO-A, GK1 - A .

ميزان كيرن GK1 - A شكل (١٠٦) ،

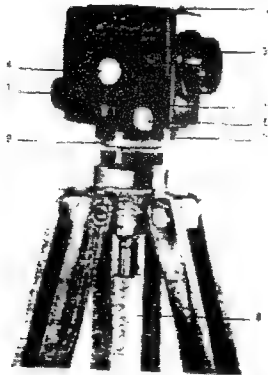
يتميز ميزان كيرن GK1 - A بأنه بمجرد ضبط ميزان التسوية الدائري المزود به فإن المحور البصري للمنظار يضبط تلقائياً أفقياً بفضل وجود 'كمبستاتور' مغناطيسي مزود به يحل محل ميزان التسوية الطولي.

وهو ميزان دقيق ثابت أثناء الرصد لذا يستخدم في جميع الأعمال الهندسية الدقيقة وفي تثبيت مناسيب الروبيرات الجديدة . كما يستخدم في أعمال المساحة التاكيومترية في الأراضي المنبسطة والتي لا تحتاج إلى أرساد تاكيومترية بزوايا ارتفاع أو انخفاض وذلك لأنه مزود بشعرتي استاديا يمكن بواسطتهما - وباستخدام القامة الرأسية - تعيين المسافات الأفقية. وفي شكل (١٠٧) ، (١٠٨) نبين أهم أجزاء الجهاز حيث :



شکل رقم (۱۰۶)

- ١- عينية المنظار وعليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.
- ٢- موجد خارجي للهدف (أداة توجيه).
- ٣- العدسة الشيئية للمنظار.
- ٤- مسمار تطبيق الصورة في المنظار على مستوى حامل الشعرات.
- ٥- ميزان التسمية الدائري لضبط أفقية الميزان.
- ٦- مسمار حركة بطيئة للدوران حول المحور الرأسى.
- ٧- غطاء واقى لمسمار الضبط الدائم للميزان.
- ٨- مقبض تثبيت الجهاز على رأس الحامل.
- ٩- الدائرة الأفقية لقياس الزوايا الأفقية.



شكل رقم (١٠٧)



شكل رقم (١٠٨)

أهم خواص الميزان GK 1-A

- دقة تعيين فروق المناسيب به ± ٢٥ مم / م ١ كيلومتر
- قوة التكبير لمنظاره (٢٥ ×)
- أقل بعد لهدف يمكن رصده ٢٣ متر
- الثابت التاكبومتري للجهاز ١٠٠
- الثابت الإضافي صفر
- قطر الدائرة الأفقية له ٦٠ مم

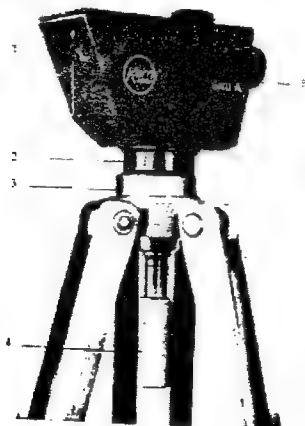
القراءة التقريبية للدائرة الأفقية ١٠ (١١ ر ٤)

وزن الجهاز ١٦ كيلوجرام

ميزان كيرن الأوتوماتيكي GKO - A

وهو ميزان مزود بكمبنساتور يقوم بضبط أفقية المحور الطولي للميزان بمجرد ضبط أفقية ميزان التسوية الدائري له . كما يتميز بشغل وزنه النسبي الذي يهيئ استقرار للجهاز أثناء الرصد به . كما يتميز أيضاً بإمكانية توزيع خط عمودي علي خط نظر الجهاز بسبب إضافة منظار في الاتجاه العمودي علي اتجاه المحور الطولي للمنظار .

وفي شكل (١٠٩) وشكل (١١٠) بينا أهم أجزاء الجهاز ومسامير الحركة له حيث :



شكل رقم (١٠٩)



شكل رقم (١١٠)

- ١- العدسة الشبكية للمنظار، وكما يلاحظ من الشكل فإن جسم الميزان المعدني ممتد أعلي الشبكية كواقي من أشعة الشمس المباشرة الساقطة عليها مما يسهل في عمليات الرصد عندما يكون المنظار مواجهاً لأشعة الشمس .
- ٢- قاعدة الميزان.
- ٣- رأس الحامل.
- ٤- مقبض تثبيت الميزان علي الحامل الخاص به.
- ٥- المنظار ذو الاتجاه العمودي علي خط نظر الميزان.
- ٦- مسمار تطبيق الصورة في المنظار علي مستوي حامل الشعرات.
- ٧- العينية ومركب عليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.
- ٨- مسمار الحركة الأفقية البطيئة حول المحور الرأسي للدوران.
- ٩- مسمار براغي لضبط مسامير الحركة الأفقية.
- ١٠- صورة ميزان التسمية الدائري المنقولة بواسطة مناشير خاصة.
- ١١- عدسة القراءة للدائرة الأفقية للميزان.
- ١٢- حلقة تغيير الزوايا علي الدائرة الأنفية.

نهم خواص الجهاز ،

- قوة التكبير لمنظاره (x21)
- أقل بعد لهدف يمكن رصده ٧٥ . متر
- الثابت التاكيمتري للجهاز ١٠٠
- الثابت الإضافي صفر
- دقة تعيين فرق المنسوب بالجهاز ± ٥ مم / ١ كيلومتر
- القراءة التقريبية على الدائرة الأفقية ٠.١ " (٠.١)
- وزن الجهاز ١٩ كيلوجرام

الضبط المؤقت للموازين،

وهو ما يجب إجراؤه كلما أعد الميزان للرصد.

ومثل : أ - ضبط الأفقية . ب - التطبيق

أولاً : ضبط الأفقية،

- ١- أثناء وضع الجهاز في النقطة المفروض وضعه بها تحاول أن تضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقيعة ميزان التسوية الدائري.
- ٢- بواسطة مسامير التسوية الثلاثة تضبط بدقة ميزان التسوية الدائري وأفضل طريقة هي أن تحرك مسمارين من مسامير التسوية في نفس الوقت إما للداخل أو للخارج معاً وذلك لتحرك الفقيعة في اتجاه الخط الواصل بينهما ، ثم تحرك المسمار الثالث بمفرده لتحرك الفقيعة في الاتجاه العمودي على الأول. (راجع ضبط أفقية اللوحة المستوية).

٣- عند العمل بجهاز من طراز دمي ذو التسوية الخارجى وبعد الضبط لميزان التسوية الدائري تضبط الميزان بدقة وذلك بأن تدير المنظار بحيث يكون موازياً

لاثنين من مسامير التسوية ، ونحرك هذين المساميرين معاً ببطء جداً إما للداخل أو الخارج إلى أن نرى الفقيعة المستطيلة في المنتصف تماماً ، ثم ندير المنظار ٩٠° ونضبط الفقيعة مستعملين المسامير الثالث ، ونكرر العملية إلى أن نضبط الفقيعة في كلا الوضعين للمنظار وبذا نحصل على خط نظر أفقي طالما أن محور المنظار عمودي على محور دوران الجهاز.

٤- لضبط خط النظر أفقياً وحفظه دائماً أفقياً في حالة استخدام ميزان من طراز دمبي ذو تسوية داخلية يلزم التأكد من انطباق نصفى فقيعة ميزان التسوية داخل العينية ، ويتم الضبط بواسطة الميكرومتر إلى أن ينطبق النصفان ، ويجب ضبط ميزان التسوية الداخلى إن وجد عند كل قراءة للقائمة في الوضع الواحد للميزان مع مراعاة عدم استخدام مسامير التسوية إلا في أول الضبط حتى لا يتغير منسوب المستوى الوهمي الأفقى.

ثانياً : التطبيق،

وهو تصحيح خطأ الوضع وهذا الخطأ ناجم عن عدم ثبات الصورة تبعاً لتحريك العين في اتجاهات مختلفة واختبار هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى توضح الشعرات ثم نحرك العين إلى أعلى أو إلى أسفل فإذا تحركت الشعرات تبعاً لحركة العين فذلك دليل على عدم صحة التطبيق أى عدم وقوع الصورة على حامل الشعرات ونحرك مسامير التطبيق حتى تري الصورة واضحة تماماً.

الضبط الدائم للميزان:

الضبط الدائم للميزان يجب إجراؤه عند الاستلام من المصنع لأول مرة ، أو إذا أسئ استعماله ، أو عند استعمال الميزان لفترة طويلة دون صيانة ولكي يكون الميزان مضبوطاً ضبطاً دائماً يجب أن تتوفر به شروط تعامد وتوازي بين المحاور المختلفة فيه.

ومحاور الجهاز الرئيسية هي ثلاث محاور:

- ١- خط الانطباق، وهذا الخط ناشئ من انطباق خط النظر في الجهاز مع المحور البصري ، ويعرف خط النظر بأنه الخط الوهمي الواصل بين مركزي العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات ، أما المحور البصري فهو الخط الوهمي الواصل بين مركزي العدستين الشيئية والعينية.
- ٢- محور ميزان التسوية الطولي.
- ٣- المحور الرأسى لدوران الجهاز.

الشروط الدائمة لضبط الميزان،

في الموازين الحديثة فقط يجب أن يتوافر دائماً الشرطان الآتيان:

- ١- تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى للجهاز.
 - ٢- تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز.
- وفيما يلي سنبين كيفية التحقق من هذه الشروط وكيفية إجراء الضبط.

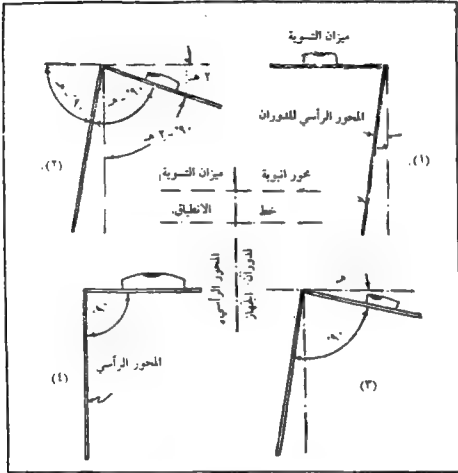
أ - الموازين ذات ميزان التسوية الخارجى،

أولاً - تعامد محور ميزان التسوية الطولى على المحور الرأسى للجهاز،

يجب أن يرسم محور ميزان التسوية أفقى عندما يدار المنظار حول المحور الرأسى ولاختبار ذلك الشرط تثبت أرجل الميزان بالأرض ويضبط ميزان التسوية الطولى ضبطاً مؤقتاً - ثم يدار المنظار حول المحور الرأسى ١٨٠° - فإذا كان المحوران متعامدان ظلت الفقيعة فى منتصف مجراها - وإلا فإنها تنحرف بمقدار يعادل ضعف الخطأ الموجود فى تعامد المحورين ويسمى هذا الخطأ بالخطأ الظاهرى وهو ضعف الخطأ الحقيقى شكل (١١١).

ولتصحیح ذلك نرفع أو نخفض محور ميزان التسوية المفصلة المثبتة بجانبه حتى تعود الفقيعة إلى نصف عدد التقاسيم التى انحرفتها هنا ويعادل نصف الخطأ الظاهرى أى قيمة الخطأ الحقيقى، ثم تضبط الأفقية بواسطة مسامير

التسوية حتى تكون الفقيعة في المنتصف شكل (١١١ - ٣ - ٤) .



شكل رقم (١١١)

ثانياً - تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز:

معنى هذا الشرط هو انطباق خط النظر على المحور البصرى للمنظار لينشأ خط إنطباق عمودي على المحور الرأسى لدوران الجهاز.

ويتم تحقيق هذا الشرط بطريقة الوتدين كالتالى:

١- يوضع الميزان فى منتصف مسافة أ ب وليكن فى ج ويثبت وتد فى كل من أ ، ب مع جعل ب أ حوالى ١٠٠ متراً وعلى كل منها نضع قامة رأسية تماماً، ويضبط الميزان ضبطاً مؤقتاً (الأفقية والتطبيق) وتتخذ القراءتين على القامتين الرأسيتين الموضوعيتين فى أ ، ب ولتكن أ ، ب (شكل ١١٢) والفرق الحقيقي بين منسوب النقطتين أ ، ب هو الفرق بين القراءتين أ ، ب ، سواء كان خط النظر أفقياً أو مائلاً - حيث أن الخطأ متساوى على كلا القامتين لأن الميزان فى منتصف المسافة بينهما.

٢- ننقل بالميزان قريباً إلى أحد الوتدين (أ) أو (ب) ولتكن (أ) مثلاً ويكون الميزان قريباً إلى حد يمكن معه القراءة على القامة أ بسهولة - وبعد ضبط الأفقية والتطبيق تتخذ القراءتين على كلا من القامتين القريبة والبعيدة ولتكن أ ، ب ، وبحسب الفرق بين القراءتين فإذا تساوى مع الفرق فى الوضع الأول أى كان : (أ - ب) = (أ - ب) دل ذلك على أن خط النظر أفقياً تماماً أى أن خط الانطباق موجود فعلاً ومتعامداً على المحور الرأسى للجهاز ، وإذا لم يتفق الفرقان (أ - ب) ، (أ - ب) دل ذلك على عدم تقاطع الشعرات على المحور البصرى للمنظار ويكون التقاطع أعلا المحور أو أسفله ففي هذه الحالة نخفض أو نرفع حامل الشعرات بحيث نحصل على الفرق الحقيقي بين منسوب النقطتين - ويمكن اعتبار أن القراءة أ ، ب فى الوضع الثانى صحيحة وبذلك يكون الخطأ كله فى القراءة ب.

مثال (١):

وضع ميزان من طراز ديمى فى منتصف المسافة بين قامتين أ ، ب وكانت قراءة القامة عند أ = ١٧٥٥ متراً وقراءة القامة ب = ١٤٦٣ - ثم رفع الميزان ووضع قريباً جداً من (أ) وكانت قراءة القامة على أ = ١٧١٠ متراً وقراءة القامة على ب = ١٤٣٨ متراً . تحقق من وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى ، ثم ارمس الشكل الذى يبين خط النظر فى الحالتين وعين قراءة القامة الصحيحة على ب فى الحالة الثانية.

الحل،

الفرق الحقيقي بين أ ، ب = $١٧٥٥ - ١٤٦٣ = ٢٩٢$ ر. متراً
الفرق بين قراءتي القامة عند أ ، ب في الحالة الثانية = $١٧١٠ - ١٤٣٨ = ٢٧٢$ ر. متراً

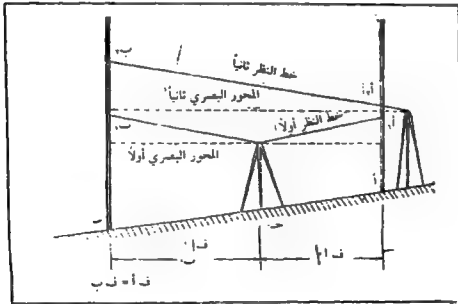
وحيث أن الفرق غير متساوي في الحالتين فإن نقطة تقاطع الشعرات لا تقع على المحور البصري.

النقطة ب أعلا من النقطة أ بمقدار ٢٩٢ ر. متراً .

قراءة القامة الواجبة على ب في الحالة الثانية

$$= ١٧١٠ - ٢٩٢ = ١٤١٨ \text{ ر. متراً}$$

لذا يجب تغيير وضع حامل الشعرات حتى تقرأ القامة على ب القراءة ١٤١٨ متر في الحالة الثانية . ويتم ذلك بفك مسامير حامل الشعرات وتحريك حامل الشعرات حتى تقرأ الشعرة الوسطى على القامة عند القراءة المذكورة.



شكل رقم (١١٢)

مثال (٢)،

فى هذا المثال وضع الميزان فى الوضع الثانى على بعد معين من كل من القامتين وليس قريباً جداً من إحداهما كما فى المثال السابق.

وضع ميزان دمبى فى منتصف المسافة أ ب (١٠٠ متر) فكانت القراءة على أ = ٢ر٨٠ متراً وعلى ب = ٢ر٢٤ م. رفع الميزان ووضع فوق ج خارج أ ب وعلى بعد ٢٠ م فكانت القراءة على ب = ٠ر٤٣ م وعلى أ = ٠ر٥٦ م. ماهى القراءة الواجبة على كل من أ ، ب فى الوضع الثانى حتى يصبح الميزان مضبوطاً .

الحل،

$$\text{الفرق الحقيقى بين المنسوبين} = ٢ر٨٠ - ٠ر٢٤ = ٠ر٥٦ \text{ م}$$

$$\text{الفرق بين القراءتين فى الوضع الثانى} = ٠ر٥٦ - ٠ر٤٣ = ٠ر١٣ \text{ م}$$

إذن خط النظر فى غير وضعه ويجب تصحيحه . لذا نفرض أن خط النظر إلى أعلى وأن الخطأ فى كل متر عن الوضع الصحيح = س.

الخطأ فى مسافة ٣٠ متراً

(فى القراءة على ب)

الخطأ فى مسافة ١٣٠ متراً

(فى القراءة على أ)

$$١٣٠ \text{ س} =$$

$$\text{القراءة الصحيحة فى الوضع الثانى على ب} = ٠ر٤٣ - ٠ر٣٠ \text{ س}$$

$$\text{القراءة الصحيحة فى الوضع الثانى على أ} = ٠ر٥٦ - ١٣٠ \text{ س}$$

$$٠ر٥٦ = (٠ر٤٣ - ٣٠ \text{ س}) - (٠ر٥٦ - ١٣٠ \text{ س})$$

$$\text{ومنها س} = -٠ر٠٤٣ \text{ متراً.}$$

ومعنى الإشارة السالبة أن الفرض المبدئى بأن خط النظر إلى أعلى خطأ ويجب أن يكون إلى أسفل. أما إذا كانت الإشارة موجبة فمعناها أن الفرض صحيح . وبذا فإن :

القراءة الصحيحة الواجبة على ب في الوضع الثاني

$$= ٤٣ر - (- ٣٠ \times ٤٣ر - ٠) = ٥٥٩م$$

القراءة الصحيحة الواجبة على أ في الوضع الثاني

$$= ٥٦ر - (- ١٣ \times ٤٣ر - ٠) = ١١٩م$$

ب - الموازين ذات ميزان التسوية الداخلي،

١- ضبط ميزان التسوية الداخلي،

أ- ضبط الفقيرة في منتصف مجراها في أحد الاتجاهين بواسطة مسامير من مسامير التسوية ثم في منتصف مجراها في الاتجاه الآخر (ويدون دوران الجهاز) بواسطة المسار الثالث.

ب - تدوير المنظار ١٨٠° حول محوره الرأسى ، فإذا ظلت الفقيرة في المنتصف كان ميزان التسوية مضبوطاً ، وإلا فنصح نصف الخطأ بمسامير التسوية والنصف الآخر بمسامير ميزان التسوية نفسه.

٢- ضبط ميزان التسوية الداخلي بجعل محوره يوازي خط النظر؛

أ- تجرى خطوات الضبط السابقة في طريقة التدين ولكن بدلاً من رفع أو خفض حامل الشعرات تجرى الخطوات التالية :

ب - إذا لم يكن الفرق متساو في الحالتين فتدوير الميكرومتر حتى نحصل على القراءة الواجبة على القامة البعيدة وعندئذ تبعد الفقيرة عن منتصف مجراها .

ج - نعيد الفقيرة مرة أخرى إلى منتصف مجراها بواسطة مسمار ضبط ميزان التسوية نفسه والموجود في جانب صندوق ميزان التسوية.

د- تعاد العملية عدة مرات حتى يتم الضبط تماماً وبذا يصبح ميزان التسوية موازياً لخط النظر.

أغراض الميزانية

تنقسم الميزانية العادية حسب الغرض الذي تستخدم من أجله إلى:

١- الميزانية الطولية: وتجرى في الاتجاه الطولي لمشاريع الطرق والترح والمصارف لتعين مناسيب نقط محاورها المختلفة ، ويعرف الشكل الذي يبين مناسيب هذه النقط بالقطاع الطولي ، وأحياناً تجرى هذه الميزانية لتعيين منسوب نقطة معينة فقط بغض النظر عن النقط المتوسطة وتسمى هذه العملية حينئذ بعملية سلسلة ميزانية والغرض الأساسي منها هو تعيين مناسيب نقط ثابتة وليس لعمل قطاع طولي.

٢- الميزانية العرضية: وتجرى في الاتجاه العرضي للترح والمصارف والطرق السرعة العرضية ويعرف الشكل الذي يبين نقطها بالقطاع العرضي.

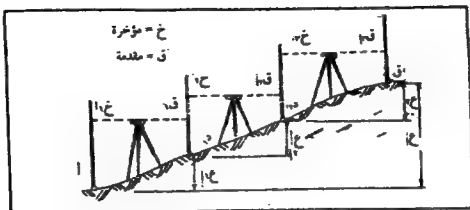
٣- الميزانية الشبكية: تجرى في الاتجاهات الطولية والعرضية معاً لتحديد وإظهار طبوغرافية منطقة معينة من سطح الأرض وعمل خريطة كنتورية لها بمعلومية الميزانية الشبكية ، وفيها تحدد مناسيب عدة نقط متفرقة في المنطقة بطرق مختلفة سوف نتعرض لها بالتفصيل في هذا الباب.

الميزانية الطولية:

تعيين منسوب نقطة:

نفرض أن المعلوم منسوب نقطة مثل (أ) شكل (١١٣) - والمطلوب إيجاد منسوب نقطة أخرى مثل (ب) . وإجراء ذلك نقسم المسافة بين أ ، ب إلى مسافات مناسبة (حوالي من ٦٠ إلى ١٠٠) ثم نقيس فروق الارتفاع ع ١ ، ع ٢ ، ع ٣ كما في الشكل باستخدام الميزان والقامة.

وتجمع هذه الفروق لتعطينا فرق الارتفاع الكلي ع- وهو عبارة عن فرق المنسوب بين أ ، ب ويمكن ترتيب العمل كالآتي:



شكل رقم (١١٣)

١- نقف بالميزان في منتصف المسافة بين (أ) ، (د) تقريباً ثم يضبط الميزان أفقياً.

٢- نضع قامة رأسية في (أ) ونوجه عليها المنظار ونؤخذ قراءة الشعرة الوسطى ولتكن خ، وذلك بعد التأكد من أفقية ميزان التسوية الداخلي ، وتسمى هذه القراءة مؤخرة.

٣- ننقل القامة من أ إلى نقطة د وتضبط في وضع رأسى وندير المنظار ويوجه نحو القامة في (د) ، ويجب فقط ضبط ميزان التسوية الداخلي مع عدم تغير وضع مسامير التسوية وإلا فقدنا المستوى الأفقى الوهمى الذى يحدد خط النظر الأول ونؤخذ القراءة الجديدة ولتكن ق، وتسمى هذه القراءة مقدمة.

٤- نحسب فرق القراءتين بين أ ، د وهو البعد الرأسى ١٤.

$$١٤ = خ - ق$$

٥- ننقل بالميزان إلى نقطة في منتصف المسافة بين (د) ، (ق) ويضبط في هذا الوضع الثانى ، وفى هذه الأثناء ندير القامة فقط ولا نحركها من مكانها لتواجه الميزان في وضعه الجديد، تسمى مثل هذه النقطة بنقطة دوران. إذ أننا أخذنا قراءتين للقامة في نفس مكانها والقراءة الأولى قبل دوران القامة عبارة عن

مقدمة الوضع السابق والقراءة الثانية أخذت بعد دورانها لتواجه الميزان في وضعه الجديد. وهي عبارة عن مؤخرة الوضع الجديد.

٦- بعد ضبط الأفقية الداخلية نقرأ القامة في (د١) وتسمى خ٢ ، ثم ننقل القامة إلى (د٢) وندير المنظار ونعين القراءة في (د٢) وتسمى ق٢ وتكون :

$$٢ع = ٢خ - ٢ق$$

٧- نكرر العمل حتى تكون آخر قراءة القامة عند نقطة (ب)

ع = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة.

$$ب - أ = ١ع + ٢ع + ٣ع$$

$$= (١خ + ٢خ + ٣خ) - (١ق + ٢ق + ٣ق)$$

أى أن :

(٥٦)

الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة
= مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات

٨- لتحقيق العمل تعاد الميزانية من نقطة النهاية في الاتجاه العكسى حتى نقطة الروبير أ.

٩- وإذا كان يوجد روبير قريب من ب يمكن تكملة الميزانية إليه بدلاً من العودة إلى أ.

١٠- يكون العمل الحقلى صحيحاً إذا كان منسوب الروبير المستنتج هو نفسه منسوب الروبير المكتوب في حدود الخطأ المسموح به.

(٥٧)

الخطأ المسموح به بالمليمتر = ثابت / طول الميزانية بالكيلومتر

الخطأ المسموح (مم) = $\sqrt{\text{ك كم}}$

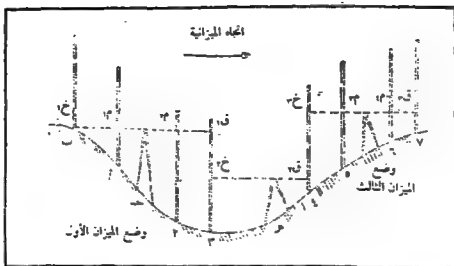
- وفي الميزانية الدقيقة (الدرجة الأولى) تؤخذ $\theta = 5$
 وفي الميزانية العادية $\theta = 10$
 أما في القطاعات الطولية $\theta = 20$
 فإذا كانت المسافة بين أ ، ب = ϵ كم فيكون الخطأ المسموح به مساوياً .

$$\sqrt{20} \epsilon \text{ كم} = 4.47 \epsilon \text{ مم} = \epsilon \text{ سم}$$

وفي معظم الأحيان تؤخذ قراءات متوسطة بين أى مؤخرة (أى أول قراءة تأخذ على القامة بعد ضبط الجهاز أفقياً فى الوضع الجديد) ومقدمة (أى آخر قراءة تأخذ على القامة فى الوضع الواحد وينقل الجهاز بعدها) وذلك بدون نقل الميزان وترصد هذه النقاط بعد المؤخرة مباشرة وقبل المقدمة وبذا تكون أنواع القراءات على القامة هي :

- * أى قراءة بعد وضع الميزان مباشرة تسمى مؤخرة خ
- * آخر قراءة قبل نقل الميزان تسمى مقدمة ق
- * أى قراءة أخرى فى الوضع الواحد للميزان تعتبر قراءة متوسطة م

وفى شكل (١١٤) نجد أن القراءة الأولى عند النقطة ب تعتبر مؤخرة خ_١ والقراءة عند النقطة (٣) عبارة عن ق_١ مقدمة للوضع الأول للميزان والنقطتين (١) ، (٢) على كل منها قراءة متوسطة ونجد أن القراءة على القامة عند نقطة (٣) من الوضع الثانى للميزان هى مؤخرة خ_٢ . وبالمثل القراءة (٤) من الوضع الثانى للميزان هى مقدمة ق_٢ فى حين أن القراءة على نفس القامة من الوضع الثالث هى مؤخرة الوضع الجديد وبذا تكون النقاط (٣) ، (٤) نقط دوران والقراءات عند (١) ، (٢) ، (٥) ، (٦) متوسطات ، وأول قراءة على محور الميزانية مؤخرة وآخر قراءة على المحور مقدمة.



شكل رقم (١١٤)

طرق تدوين الميزانية:

هناك طريقتان أساسيتان لتدوين الميزانية:

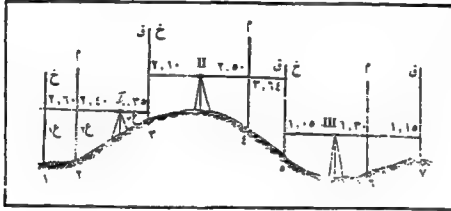
- ١- طريقة سطح الميزان.
- ٢- طريقة الارتفاع والارتفاع (فرق الارتفاع).

١- طريقة سطح الميزان:

في هذه الطريقة يتم حساب منسوب السطح الأفقي الوهمي للناتج من دوران خط الاتطيان الأفقي حول المحور الرأسى ، ويطلق عليه منسوب سطح الميزان ثم تحسب مناسيب النقاط المختلفة التى أخذت قراءتها من هذا السطح بطرح قراءة القامة الموضوعية فوق النقطة من منسوب سطح الميزان، والمثال الآتى يوضح الطريقة وإيجاد المناسيب للنقاط المختلفة.

مثال.

الكروكي المعطى فى شكل (١١٥) يبين قراءات القامة من عدة أوضاع مختلفة للميزان فى ميزانية طولية . والمطلوب حساب مناسيب النقاط المختلفة إذا كان منسوب النقطة الأولى هو ٥٦٤ متر



شكل رقم (١١٥)

الحل:

تدون قراءات القامة فى جدول بحيث تسجل المؤخرات فى خانة والمتوسطات فى خانة والمقدمات فى خانة وتخصص خانة حساب مناسيب سطح الميزان وخانة لحساب المناسيب للنقط وأخرى للملاحظات كما هو موضح فى الجدول التالى مع مراعاة الأتى عند التدوين للقراءات.

١- أول قراءة تسجل فى خانة المؤخرات فى السطر الدال على النقطة الأولى.

٢- من شكل (١١٥) يتضح أنه فى الوضع الأول للميزان (I) كانت قراءة القامة فوق النقطة (٢) متوسطة فتسجل هذه القراءة فى خانة المتوسطات فى السطر الدال على النقطة الثانية.

٣- القراءة الأخيرة من الوضع الأول على القائمة فوق النقطة (٣) هي مقدمة للوضع فتسجل في خانة المقدمات في السطر الدال على النقطة الثالثة.

٤- أول قراءة أخذت من الوضع الثاني للميزان (II) كانت على القائمة الموضوعة عند نقطة (٣) أيضاً (نقطة الدوران) ، وهذه القراءة هي مؤخرة الوضع الجديد وتسجل في خانة المؤخرات في نفس السطر الدال على النقطة الثالثة.

٥- يكرر العمل لباقي القراءات وتسجل المتوسطات في الخانة الخاصة بها ، مع مراعاة أنه عند نقط الدوران تكون هناك دائماً قراءتان ، الأولى مقدمة الوضع السابق ، والثانية مؤخرة الوضع اللاحق ، كما يلاحظ أيضاً أن آخر قراءة تسجل دائماً في خانة المقدمات في السطر الدال على آخر نقطة.

وبذا يمكن تسجيل النتائج للميزانية المبينة في شكل (١١٥) حسب الأسس السابقة في الجدول التالي:

ولحساب مناسيب النقط في الجدول اتبعنا الآتي:

١- أضيفت قراءة القائمة عند نقطة (١) (النقطة المعلومة) على منسوب هذه النقطة حصلنا على منسوب سطح الميزان في الوضع الأول.

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢,٦٠			(٥٩,٠٠)	(٥٩,٠٠)	النقطة المعلومة
٢		٢,٤٠			(٥٦,٦٠)	
٣	٢,١٠		٠,٣٥	(٦٠,٧٥)	(٥٨,٦٥)	نقطة الدوران
٤		٢,٥٠			(٥٨,٢٥)	
٥	١,٠٥		٣,٦٤	(٥٨,١٦)	(٥٧,١١)	نقطة الدوران
٦		١,٣٠			(٥٦,٨٦)	
٧			١,١٥		(٥٧,٠١)	
٣	٥,٧٥	٦,٢٠	٥,١٤		٤٠٠,٨٨	

٢- من هذا المنسوب طرحت قراءة القامة عند النقطة الثانية حصلنا على منسوب هذه النقطة، ثم طرحنا قراءة القامة عند النقطة الثالثة من منسوب سطح اليزان حصلنا على منسوب هذه النقطة ويجب أن توضع المناسيب بين قوسين للتعرف عليها بينما توضع القراءات بدون أقواس.

٣- بمثل ما اتبع في الوضع الأول للميزان حصلنا على منسوب سطح الميزان في الوضع الثاني وذلك بإضافة مؤخرة هذه الوضع (القراءة الجديدة من الميزان في وضعه الجديد على نفس القامة الموضوعية في نقطة ٣ إلى منسوب (٣) ومن هذا المنسوب حصلنا على مناسيب النقاط (٤) ، (٥) وهكذا . ولتحقيق العمل الحسابي عند حساب المناسيب للنقط المختلفة يمكن استخدام المعادلة (٥٦) ومن الجدول منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

$$٥٦,٤٠ - ٥٧,٠١ =$$

$$٠,٦١ =$$

$$٥٠,١٤ - ٥٠,٧٥ = \quad \text{المؤخرات} - \text{المقدمات}$$

$$٠,٦١ =$$

كما يجب مراعاة أن عدد المؤخرات في الجدول يساوي عدد المقدمات.

ونلاحظ أيضاً أن عدد القراءات الكلية المأخوذة في الميزانية يساوي عدد نقط الميزانية مضافاً إليه عدد نقط الدوران ففي المثال عدد القراءات المختلفة كان تسعة وكانت نقط الميزانية سبعة وعدد نقط الدوران اثنين. ونلاحظ أنه بالمعادلة يمكن التحقق فقط من مناسيب نقط الدوران ومنسوب أول نقطة ومنسوب آخر نقطة . أما مناسيب النقط التي كانت قراءة القامة عندها متوسطات فلم تدخل في الحساب لذلك تستخدم المعادلة الآتية لتحقيق آخر.

$$(٥٨) \quad \text{مجموع مناسيب النقط المختلفة} = \text{عنا أول نقطة} + \text{مجموع المقدمات} + \text{مجموع المتوسطات} = \text{المجموع الجبري لحاصل ضرب مناسيب سطح الميزان في عدد مرات استخدامها لإيجاد مناسيب نقط جديدة.}$$

ومن الجدول

$$\text{الطرف الأيمن للمعادلة} = ٤٠٠.٨٨ - (٥٦.٤٠ + ٥.١٤ + ٦.٢٠) = ٣٥٥.٨٢$$

$$\text{الطرف الأيسر للمعادلة} = ٢ \times ٥٩.٠٠ + ٢ \times ٦٠.٧٥ + ٢ \times ٥٨.١٦ = ٣٥٥.٨٢$$

٢- طريقة فرق الارتفاع:

(الارتفاع والانخفاض):

فى هذه الطريقة يمكن إيجاد منسوب نقطة لاحقة من منسوب نقطة سابقة معلوم وذلك بإضافة فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين جبرياً إلى منسوب النقطة المعلومة. ففى شكل (١١٥) إذا كانت النقطة المعلومة هى نقطة (١) وكانت القسامة عندها هى ١٤ والنقطة المطلوب حساب منسوبها هى (٢) ، التى كانت قرامه القامة عندها ١٤ فإن منسوب نقطة (٢) يتعين كما يلى:

منسوب النقطة اللاحقة = منسوب النقطة السابقة

$$\pm (١٤ - ٢٤)$$

ونلاحظ أيضاً من شكل (١١٥) أن النقطة (٢) اللاحقة أعلى من النقطة السابقة (١) ، وفى نفس الوقت نلاحظ أن ١٤ أكبر من ٢٤ . وعليه فإن الفرق بين ١٤ و ٢٤ يكون موجباً ويطلق عليه فى هذه الحالة ارتفاع النقطة اللاحقة عن السابقة.

أما إذا قارنا (٤) ، (٥) فى نفس الشكل فنجد أن النقطة اللاحقة (٥) أعلى من النقطة السابقة (٤) فى حين أن ١٤ أقل من ٢٤ ، أى أن الفرق بين ١٤ و ٢٤ يكون سالباً ويطلق عليه فى هذه الحالة انخفاض النقطة اللاحقة عن السابقة.

وبذلك فإذا كانت قرامه القامة عند النقطة اللاحقة أكبر من قرامتها عند النقطة السابقة تكون النقطة اللاحقة أعلى من النقطة السابقة بمقدار يساوى الفرق العددي بين القرامتين . وهنا يكون منسوب النقطة اللاحقة مساوياً لمنسوب النقطة السابقة مطروحاً منه مقدار الانخفاض.

أما إذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أقل من القراءة عند النقطة السابقة، تكون النقطة اللاحقة أعلى من السابقة بمقدار الفرق العددي بين القراءتين ، ويكون منسوب النقطة اللاحقة مساوياً لمنسوب النقطة السابقة مضافاً إليه مقدار الارتفاع.

ولتنظيم العمل الحسابي تدون القراءات سواء كانت مؤخرات أو متوسطات أو مقدمات مثلما سبق في جدول تكون فيه خانتين إحداهما لبيان مقدار الارتفاع والأخرى لبيان مقدار الانخفاض (وذلك بدلاً من منسوب سطح الميزان في الطريقة السابقة) . ويجب التنويه هنا إلى أن المقارنة بين النقط وبعضها (لاحقة وسابقة) يكون في الوضع الواحد للميزان ولا تقارن أبداً قراءات من أوضاع مختلفة الميزان.

مثال ،

للقرارات المبينة في شكل (١١٥) أوجد مناسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والانخفاض إذا كان منسوب أول نقطة هو ٥٦ر٤٠ متر.

الحل ،

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢,٦٠			(٥٩,٠٠)	(٥٦,٤٠)	النقطة المعلومة
٢		٢,٤٠			(٥٦,٦٠)	
٣	٢,١٠		٠,٣٥	(٦٠,٧٥)	(٥٨,٦٥)	نقطة الدوران
٤		٢,٥٠			(٥٨,٢٥)	
٥	١,٠٥		٣,٦٤	(٥٨,١٦)	(٥٧,١١)	نقطة الدوران
٦		١,٣٠			(٥٦,٨٦)	
٧			١,١٥		(٥٧,٠١)	
٨	٥,٧٥	٦,٢٠	٥,١٤		٤٠٠,٨٨	

ويمكن تحقيق العمل الحسابي في طريقة فرق الارتفاع باستخدام المعادلة (٥٩) .

$$\begin{aligned} & \text{الارتفاعات - } \Sigma \text{ الانخفاضات} = \text{منسوب آخر نقطة} \\ & \text{منسوب أول نقطة} = \Sigma \text{ المؤخرات - } \Sigma \text{ المقدمات} \end{aligned} \quad (٥٩)$$

فمن الجدول :

$$\Sigma \text{ الارتفاعات - } \Sigma \text{ الانخفاضات} = ٢٤٠ - ١٧٩ = ٦١.$$

$$\Sigma \text{ المؤخرات - } \Sigma \text{ المقدمات} = ٥٧٥ - ٥١٤ = ٦١.$$

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

$$= ٧٠١ - ٥٦٤ = ٦١.$$

عدد المؤخرات = عدد المقدمات

عدد القراءات الكلية = عدد نقط الميزانية + عدد نقط الدوران

$$٧ + ٢ = ٩$$

ومن هذا يتضح صحة ترتيب الجدول وصحة حساب المناسيب فيه.

حساب المناسيب للنقط إذا كانت النقطة المعلومة المنسوب ليست هي النقطة الأولى،

قد تجري في بعض الأحيان ميزانية لا تبدأ من نقطة معلومة المنسوب ، وتكون النقطة المعلومة المنسوب إحدى نقط الميزانية أو آخر نقطة في الميزانية ، وسنبين طريقة حساب المناسيب في هذه الحالة بالأمثلة الآتية:

أمثلة محلولة

مثال (١)،

أخذت القراءات التالية فى ميزانية طويلة بغرض تعيين مناسيب النقط المختلفة فكانت:

$$١٢٥ - ٢٢٥ - ٢٠٥ - ١٨٥ - ١٦٥ - ١٩٥ - ٢٥٠ - ٣٣٥ - ٣٥٥ - ٢١٥ - ١٤٥ - ٢٥٥ - ٢٨٥ .$$

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثانية والرابعة والسادسة وكان منسوب النقطة الرابعة هو (١٠٠) متراً ، عين مناسيب النقط على طول محور الميزانية بطريقة الارتفاع والاختفاض.

الحل،

حيث أن الميزان قد نقل بعد النقط الثانية والرابعة والسادسة فإن هذه النقط تكون نقط دوران ، وعلى ذلك يرتب الجدول على هذا الأساس بحيث يكون عند النقط المذكورة قراءتين دائماً مقدمة الوضع السابق ومؤخرة الوضع اللاحق.

وفى هذا النوع من المسائل عندما لا يعرف منسوب أول نقطة - نبتدى فى الجدول بتعيين مناسيب النقطة التالية للنقطة المعلومة المنسوب بالطريقة العادية أى توجد مناسيب النقط الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة والتاسعة والعاشرة وهى آخر نقطة . ثم نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س وباستخدام المعادلة (٥٦) معادلة التحقيق نجد أن:

$$\text{مجموع المؤخرات} - \text{مجموع المقدمات} = \text{آخر نقطة} - \text{أول نقطة} = ٨٧٨ - ١٠١٠$$

$$= ٩٣٠ - س$$

$$\therefore س = ٩٣٠ + ١٠١٠ = ١٩٤٠ \text{ متراً.}$$

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقط الثانية والثالثة وللتحقيق نعين منسوب النقطة الرابعة ويجب أن يكون ١٠٠ وهذا يعتبر تحقيقاً حسابياً لصحة العمل

وكتحقيق آخر نستخدم المعادلة (٥٩) ومن الجدول نجد أن مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات = ٢ر٥٠ - ٣ر٨٠ = - ١ر٣٠ وهذا يساوي الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة.

النقطة	قراءات القامة			ارتفاع +	انخفاض -	منسوب النقطة	ملاحظات
	خ	م	ق				
١	١,٢٥					(١٠,٦٠)	
٢	٢,٠٥		٢,٢٥	٠,٢٠	١,٠٠	(٩,٦٠)	
٣		١,٨٥		٠,٢٠		(٩,٨٠)	
٤	١,٩٥		١,٦٥			(١٠,٠٠)	معلومة
٥		٢,٥٠			٠,٥٥	(٩,٤٥)	
٦	٢,٥٥		٢,٣٥		٠,٨٥	(٨,٦٠)	
٧		٢,١٥		١,٤٠		(١٠,٠٠)	
٨		١,٤٥		٠,٧٠		(١٠,٧٠)	
٩		٢,٥٥			١,١٠	(٩,٦٠)	
١٠			٢,٨٥		٠,٢٠	(٩,٢٠)	
	٨,٨٠		١٠,١٠	٢,٥٠	٢,٨٠		

مثال (٢):

أخذت القراءات الآتية على محور مشروع بقصد عمل قطاع طولي له فكانت:

$$٢٢٧ - ٢٢٢ - ٢٦٠ - ٣٠٠ - ١٧٠ - ٢٣٠ - ٢٥٠ - ٢٨٠ - ٢٠٠ - ٢٦٠ - ٣٤٠ - ٣٢٠ - ٣٥٠$$

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثالثة والسادسة والسابعة ، بين فئ جدول مناسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والانخفاض علماً بأن منسوب آخر نقطة هو (١٥ر٥٠) متر.

الحل:

بعد ترتيب الجدول ووضع القراءات المختلفة للقامة في أماكنها - نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س ، وباستخدام قانون التحقيق الحسابي (معادلة ٥٦) نجد أن:

$$\text{مجموع المؤخرات} = ١١١٠$$

$$\text{مجموع المقدمات} = ١٠٦٠$$

$$\text{منسوب آخر نقطة} = ١٥٠٠ ، \text{منسوب أول نقطة} = س$$

$$س = ١٥٥٠ - ٥٠ = (١٥٠٠) \text{ متراً}$$

ثم نبدأ في تعيين مناسيب النقطة الثانية والثالثة وهكذا حتى النقطة الأخيرة ويجب أن يكون (١٥٥٠) وهكذا يعتبر تحقيقاً حسابياً لصحة العمل (انظر الجدول).

النقطة	قراءات القامة			ارتفاع +	انخفاض -	مناسيب النقطة
	خ	م	ق			
١	٢,٧٠					١٥,٠٠
٢		٢,٢٠		٠,٥٠		١٥,٥٠
٣	٣,٠٠		٢,٦٠		٠,٤٠	١٥,١٠
٤		١,٧٠		١,٣٠		١٦,٤٠
٥		٢,٢٠			٠,٦٠	١٥,٨٠
٦	٢,٨٠		٢,٥٠		٠,٢٠	١٥,٦٠
٧	٢,٦٠		٢,٠٠	٠,٨٠		١٦,٤٠
٨		٣,٤٠			٠,٨٠	١٥,٦٠
٩		٢,٢٠		٠,٢٠		١٥,٨٠
١٠			٢,٥٠		٠,٢٠	١٥,٥٠
	١١,١٠		١٠,٦٠			

مثال (٢)،

أخذت ميزانية على محور مشروع بغرض إيجاد مناسيب النفط المختلفة فكانت القراءات على القائمة كما يلي:

$$\begin{aligned} & ٢٩٨ - ١٣٤ - ٤٨ - ٣٥٤ - ٢١١ - ١٧٧ - ٦٨ - ٣٨٦ - \\ & ٢٢ - ٥٦ - (٢١٨) - ٣٥٠ - (٠٦٤) - ١٢٢ - ٣١١ - (٢٣٤) - ٨٥. \end{aligned}$$

فإذا علم أن الأرض كانت تنحدر في اتجاه واحد ابتداء من النقطة الأولى وحتى النقطة الثامنة ثم أخذت طبيعة الأرض في التغير بعد ذلك ، وأن القراءات بين الأقواس في الجزء الأخير من الميزانية مؤخرات وكان منسوب النقطة الرابعة (٤٨٠) فأوجد في جدول ميزانية كامل وبطريقة سطح الميزان مناسيب النفط المختلفة مع تحقيق العمل الحسابي.

الحل،

حيث أن الأرض تنحدر في اتجاه واحد بانتظام فإن قراءات القائمة في الوضع الواحد للميزان أما أن تتناقص تدريجياً أو تزايد تدريجياً ، وعندما تتغير فجأة قراءات القائمة بالزيادة أو النقصان فهذا دليل عن تغير سطح الميزان لوضع جديد تكون القراءتان المتتاليتان التي حدثت فيها التغير الفجائي أحدهما مقدمة الوضع السابق والأخرى مؤخرة الوضع الجديد ، وبذلك يمكن استنتاج أوضاع الميزان المختلفة بنفس الطريقة كما هو مبين بالجدول حتى نصل إلى النقطة الثامنة، بعد ذلك ترتب باقى قراءات الميزانية بحيث تكون القراءات بين الأقواس مؤخرات . ثم نبدأ من النقطة الرابعة المعلوم منسوبها ونوجد مناسيب النقاط التالية حتى آخر نقطة . ومن المعادلة (٥٦) يمكن استنتاج منسوب أول نقطة والتي نستمر منها في إيجاد مناسيب النقاط ٢ ، ٣ وكذلك منسوب ٤ من جديد للتحقيق . وقد استنتج منسوب سطح الميزان الذي تقع النقطة الرابعة ضمن نقطه وذلك بإضافة القراءات عند النقطة ٤- وهي متوسطة قدرها ٢١١ - إلى منسوب النقطة وكتب سطح الميزان أمام مؤخرة هذا الوضع ومنه استنتجت مناسيب النقاط ٣ ، ٥ ، ٦ وهكذا بالنسبة لباقي أوضاع الميزانية التالية حتى النقطة الأخيرة . ومن الجدول نجد أن منسوب النقطة الأخيرة هو (- ٢٣٧) . وباستخدام المعادلة

(٥٦) فإن:

$$١٥٥٤ - ٩١٨ = - ٢٣٧ \text{ س}$$

∴ منسوب أول نقطة س = - ٨٧٣

ملاحظات	منسوب	سطح	متقدمة	متوسطة	مؤخرة	النقطة
		الميزان				
معلومة	٨.٧٣ -	٥.٧٥ -			٢.٩٨	١
	٧.٠٩ -			١.٣٤		٢
	٦.٢٣ -	٢.٦٩ -	٠.٤٨		٣.٥٤	٣
	٤.٨٠ -			٢.١١		٤
	٤.٤٦ -			١.٧٧		٥
	٣.٣٧ -	٠.٤٩ +	٠.٦٨		٣.٨٦	٦
	٠.٧٣ -			١.٢٢		٧
	٠.٠٧ -	٢.١١ +	٠.٥٦		٢.١٨	٨
	١.٣٩ -	٠.٧٥ -	٣.٥٠		٠.٦٤	٩
	١.٩٧ -			١.٢٢		١٠
	٣.٨٦ -	١.٥٢ -	٣.١١		٢.٣٤	١١
	٢.٣٧ -		٠.٨٥			١٢
	٤٥.٠٧		٩.١٨	٧.٦٦	١٥.٤٥	Σ

ومنها اوجدنا منسوب النقطة (٢) ، (٣) ثم (٤) للتحقيق ، وللتحقيق من حساب المناسيب بالمعادلة (٥٨) نجد أن الطرف الأيمن يكون مساوياً:

$$- ٤٥٧٠ - (٨٧٣) + ٩١٨ + ٧١٦ + ١٩٥٠ =$$

والطرف الأيسر مساوياً:

$$- ٥٧٥ - ٢ \times ٢٦٩ + ٣ \times ٤٩ + ٢ \times ١١ + ١ \times ٢١١ =$$

$$- ٧٥ - ٢ \times ١٥٢ + ١ \times ١٩٥٠ =$$

وهذا تأكيد على صحة العمل الحسابي.

تشكيل القطاعات الطولية:

القطاعات الطولية هي ما تؤخذ في اتجاه المشروع وعلى طول محوره كما في حالة مشاريع مد أنابيب مياه والطرق وخلافه.

ومن الأغراض الهامة في الميزانية هو الحصول على هذه القطاعات أي الحصول على شكل طبيعة سطح الأرض وتمثيلها بخط مستقيم أو منحني على خريطة وذلك بتعيين مناسب نقط معينة على هذا الخط والمسافات بينها .

وعادة تبدأ الميزانية من روبر أو أي نقطة معلوم منسوبها بحيث تكون قريبة من نقطة ابتداء القطاع . ويمكن معرفة ذلك من الخريطة المخصصة لتلك المنطقة ، ثم تسلسل الميزانية حتى أول القطاع ثم ترصد القراءات على القامات الموضوعة فوق نقط القطاع المختلفة وتقاس المسافات بينها حتى آخر نقط القطاع، ويستحسن الاستمرار في سلسلة الميزانية بعد الوصول إلى آخر القطاع حتى أقرب روبر وذلك بأخذ مؤخرات ومقدمات فقط، ومقارنة المنسوب الناتج لهذا الروبر من حساب الميزانية بالمنسوب المدون بدفتر الروبرات التي تخرجها مصلحة المساحة فيجب أن يتساوى المنسوبان أو لا يتعدى الفرق بينها القيمة :

$$\text{الخطأ المسموح بالكم} = 10 \sqrt{\text{طول الميزانية بالكم}}$$

وفي حالة تعذر الوصول إلى أقرب روبر من النقطة الأخيرة للقطاع فيمكن تحقيق صحة العمل بإعادة الميزانية في اتجاه عكسي للتحقيق من صحة القراءات والمناسيب.

ويلاحظ أن طريقة التدوين والحساب لا تختلف عما سبق إلا بإضافة عمود في الجدول تدون به المسافات بالأمتار بين النقط وذلك بالنسبة لأول المشروع.

ولرسم القطاع تأخذ خانتي المسافات والمناسيب وتعتبر أحدهما المحور السيني وهو المسافات دائماً ، والمحور الصادي وهو المناسيب ، ونظراً لأن المسافات الأفقية طويلة جداً إذا قورنت بفروق المناسيب بين نقط القطاع لذلك ترسم المسافات الأفقية بمقياس رسم صغير مثل ١:١٠٠ أو ١:٥٠٠ حسب مساحة الورقة وحسب الغرض الذي ينشأ من أجله القطاع الطولي، وترسم الأبعاد الرأسية التي تعهد المناسيب بمقياس رسم كبير وذلك بأن تأتى بالفرق بين أعلى

نقطة وأولى نقطة لكي نحدد المقياس الرأسى الذى يقرب إلى رقم صحيح مثل ١: ٥٠ أو ١: ١٠٠ - على هذا الأساس تظهر الفروقات فى الارتفاع واضحة جداً إذ أننا بالغنا فيها بأخذ مقاييس مختلفة وتوصل النقط ببعض بخطوط مستقيمة على اعتبار أن سطح الأرض مستوياً بين كل نقطتين متتاليتين. وبنا نحصل على القطاع الطولى الذى يبين شكل الأرض على محور الطريق أو التربة أو المصرف وهكذا.

وغالباً ما يطلب منا عمل الميزانية الطولية لإقامة مشروع بطول هذه الميزانية فيحدد على القطاع الطولى المحور المطلوب ويسمى محور المشروع وهو إما أن يكون أفقياً أو مائلاً ميل واحد أو عدة ميل حسب حاجة المشروع المطلوب كما هو الحال فى مشاريع إنشاء الطرق والجسور وبناء الكبارى وتخطيط شبكات الترع والمصارف.

- ويراعى أن النقط التى تؤخذ عندها المناسيب لرسم القطاع هى:
- أ - النقط التى يتغير عندها اتجاه ميل سطح الأرض تغيراً ملموساً .
- ب - النقط التى يتغير فيها الاتجاه.
- ج - أى نقط أخرى يراها المهندس ضرورية لدقة المشروع.

وإذا كان عرض المشروع (طريق أو تربة) ضيقاً فتكون مناسيب النقط على المحور ممثلة لجميع النقط فى الاتجاه العمودى أو القطاع العرضى والمثال الآتى يوضح الطريقة المثلى للحصول على القطاع الطولى المطلوب وعلى سطح الإنشاء وكيفية حساب ارتفاعات الحفر والردم.

مثال:

اجريت ميزانية بغرض عمل قطاع طولى لمشروع طريق زراعى بين النقطتين أ عند الكيلو ١٤٠٠ والنقطة ب عند الكيلو ١٤٥٠٠ وكانت المسافات بين نقط الميزانية متساوية وكانت قراءات القامة كالتالى:

١٥٢ - ١٩١ - ٢٤١ - ٢٥٩ - ١٩٢ - ١٤٨ - ١١٢ - ١٤٤ -
١٥٠ - ١١٦ - ١٨٢ - ١٩١ - ٢٢٢ - ١٣٠ - ٣٨٥ .

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وكان مسوب النقطة الأولى هي ١٨ر٤٠ فال المطلوب :

رسم القطاع الطولى بين الكيلو ١٤ر٠٠ والكيلو ١٤ر٥٠٠ بمقاييس رسم مناسبة مبيناً :

أ- الأرض الطبيعية.

ب - خط الإنشاء لطريق مقترح يبدأ من نقطة أ ويميل $\frac{1}{4}$ ٪ إلى أسفل.

ج - ارتفاع الحفر أو الردم عند جميع نقط القطاع.

الحل،

تبدأ أولاً بترتيب الجدول وليكن بطريقة سطح الميزان وذلك للحصول على مناسيب الأرض الطبيعية على طول السحور ومن الجدول نجد أن عدد نقط الميزانية ١١ نقطة بينها ١٠ مسافات متساوية كل منها يساوى.

$$٥٠ \text{ متر} = \frac{١٤٠٠٠ - ١٤٥٠٠}{١٠}$$

وبمعلومية منسوب النقطة الأولى حسب مناسيب باقى نقط القطاع ، كذلك حسب مناسيب سطح الإنشاء بمعلومية انحداره كما هو موضح فى الجدول التالى:

التحقيق الحسابى،

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = ٧ر٦١ - ١١ر١٥ - ٣ر٥٤ = - ٣ر٥٤ متر

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٤ر٨٦ - ١٨ر٤٠ - ٣ر٥٤ = - ٣ر٥٤ متر

ملاحظات على الجدول:

١ - يلاحظ أن خط الإنشاء يبدأ بالنقطة الأولى مع الأرض الطبيعية ويميل

بمقدار $\frac{1}{4}$ ٪ أى ٥٠ سم كل ١٠٠ متر أو ٢٥ سم كل ٥٠ متر ومنها يستنتج

ارتفاع الردم	الخط أرتفاع	منسوب المشروع	مناسوب النقط	منسوب سطح الميزان	قراءات القنات			مسافات متر	النقط
					مقدمة	متوسطة	مؤخرة		
٠٠		١٨,٤٠	١٨,٤٠	١٩,٩٧			١,٥٧	٠٠	١-١
٠,١٤		١٨,١٥	١٨,٠١			١,١١		٥٠	٢
٠,٣٩		١٧,٩٠	١٧,٥١	٢٠,١٠	٢,٤١		٢,٥٩	١٠٠	٣
	٠,٥٣	١٧,٦٥	١٨,١٨			١,٩٢		١٥٠	٤
	٠,٨٧	١٧,٤٠	١٨,٦٢	١٩,٧٤	١,٤٨		١,١٢	٢٠٠	٥
	٠,١٥	١٧,١٥	١٩,٣٠			٠,٤٤		٢٥٠	٦
	١,٣٤	١٦,٩٠	١٨,٢٤	١٩,٤٠	١,٥٠		١,١٦	٣٠٠	٧
	٠,٩٣	١٦,٦٥	١٧,٥٨			١,٨٢		٣٥٠	٨
	١,٠٩	١٦,٤٠	١٧,٤٩	١٨,٧١	١,٩١		١,٢٢	٤٠٠	٩
	٠,٢٦	١٦,١٥	١٦,٤١			٢,٣٠		٤٥٠	١٠
١,٠٤		١٥,٩٠	١٤,٨٦		٣,٨٥			٥٠٠	١١-ب
					١١,١٥		٧,٦١		

منسوب الإنشاء لكل نقطة.

٢- فى مسافة ٥٠٠ متر نجد أن منسوب الإنشاء لآخر نقطة هو ١٥ر٩٠.

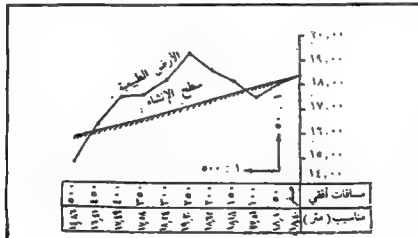
٣- لإيجاد ارتفاع الحفر أو الردم بحسب الفرق بين منسوبى الإنشاء والأرض الطبيعية فإذا زاد منسوب خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية كان المطلوب هو ردم والعكس يكون حفر.

رسم القطاع:

استخدم فى رسم القطاع مقياس رسم أفقى مقداره ١ : ٥٠٠٠ ومقياس رسم رأسى مقداره ١ : ٥٠ ، أى أن على المحور الأفقى ١ سم لكل ٥٠ متراً وعلى المحور الرأسى ١ سم لك لكل ٥٠ سم وحيث أن أوطى منسوب لسطح الأرض الطبيعية ولسطح الإنشاء هو ١٤ر٨٦ لذلك اعتبرنا أن سطح المقارنة هو منسوب (١٤ر٠٠) كما هو موضح فى شكل (١١٦).

الميزانية العرضية:

الميزانية العرضية هى ميزانية تجرى فى الاتجاه العمودى على الميزانية الطولية عند نقطها المختلفة وذلك لمعرفة طبيعة الأرض على جانبي محور الميزانية الطولية.



شكل رقم (١١٦)

كذلك لحساب مكعبات الأتربة بدقة مثل حساب مكعبات الحفر والردم الناتجة من تطهير الترع أو المصارف أو تصميم الجسور أو حساب مكعبات الحفر والردم عند إنشاء الطرق وجسور السكك الحديدية الجديدة.

تشكيل القطاعات العرضية:

تؤخذ قطاعات عرضية كلما تغيرت طبيعة الأرض وعلى مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار وتؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متر ويسمى كل قطاع بحسب بعده عن نقطة الابتداء في الميزانية الطولية أي بعده عن نقطة أول المشروع.

وتوجد طريقتان أساسيتان لعمل القطاعات العرضية:

الأولى: ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع ابتداء من محوره.

والثانية: ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع ابتداء من أحد الجانبين.

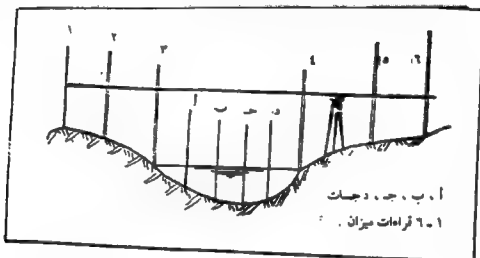
وتستخدم الطريقة الأولى في الأعمال الإنشائية كإنشاء ترع أو مصارف أو طرق جديدة ، ويخطط محور للمشروع على الخريطة ، ثم يوقع في الطبيعة بدق أوتاد أو شواخص ، ثم نبدأ عمل الميزانية على يمين ويسار المحور.

ويختلف جدول الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية بتقسيم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام الأولى خاصة بأبعاد النقط على القطاع من ابتداء المحور الطولي وعلى يمينه والثانية خاصة بأبعاد القطاعات على المحور الطولي من ابتداء المشروع والثالثة خاصة بأبعاد النقط على القطاع يسار المحور الطولي.

وتسلسل ميزانية من أقرب روبرير أو نقطة معروف منسوبها ، ويوضع الميزان في مكان يسهل منه رؤية جميع نقط القطاع ، ثم يعرف منسوبه من الميزانية المسلسلة ثم توضع القامة على المحور عند موقع القطاع وتقرأ وتفيد في الخانة الخاصة بها ويكتب أمامها في خانة المحور صفر. ثم توضع القامة في نقطة لتكون في الاتجاه العمودي على المحور وتفيد في خانة المستويات وتدون المسافة في خانة يعين أمام كل نقطة بما يقابلها من هذه الأبعاد ، وننتقل إلى اليسار ، ونعم العمل في جميع القطاعات الأخرى بنفس الطريقة ، ويمكن نقل

الميزان إلى نقط أخرى معروف منسوبها من الميزانية الطولية أو المسلسلة إذا لم يمكن أخذ قراءات القامة لجميع القطاعات من موضع واحد للميزان.

أما الطريقة الثانية فتتبع غالباً في حالة تطهير الترع والمصارف ويتعذر علينا تعيين محور الترفة لوجوده في المياه ويبدأ بعمل القطاع من الجهة اليسرى عادة وتنتقل القامة في اتجاه عمودي على طول الترفة وتوضع في كل نقطة يلاحظ فيها التغير وهكذا حتى نصل إلى نقطة تلاقي سطح الماء بالميل الجانبي للترعة فتؤخذ عندها قراءة ويعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء ، ويعدها تعمل جسات بالمجرى لمعرفة عمق القاع عن سطح الماء . ويمكن إيجاد مناسب القاع بطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء شكل (١١٧) .



شكل رقم (١١٧)

والجدول الآتي يبين نتائج ميزانية عرضية لمشروع إنشاء طريق عرض قطاعه ٩ متر وميوله الجانبية لقطاعه ١ : ١ ومنسوبه ١٦ر٥٠ .

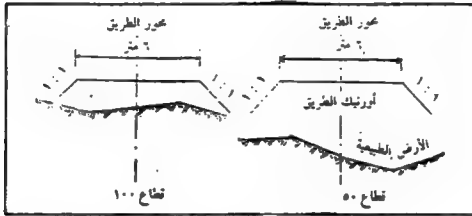
التحقيق الحسابي لحساب المناسيب،

$$\text{المؤخرات} - \text{المقدمات} = ٢٦٠ - ٢٧٠ = - ١٠ .$$

$$\text{منسوب آخر نقطة} - \text{منسوب أول نقطة} = ١٦ر٤٠ - ١٦ر٥٠ = - ١٠ .$$

وترسم القطاعات العرضية بنفس الخطوات المتبعة فى رسم القطاعات الطولية مع استعمال مقياس رسم واحد عادة للأبعاد والمناسيب على السواء، وذلك لأن الأبعاد فى هذه الحالة لا تكون كبيرة إذا قورنت بفروق المناسيب بين النقط وبعضها ، وترسم عادة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠ أو ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠ .

وشكل (١١٨) يبين القطاع العرضى عند مسافة ٥٠ ومسافة ١٠٠ متر وكذلك أورنيك الطريق المقترح.



شكل رقم (١١٨)

الميزانية الشبكية :

الميزانية الشبكية من أحسن الطرق لمعرفة مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض في منطقة محددة ويتم ذلك بتحديد البعد الأفقى بين كل نقطة عن الأخرى وذلك برفع المنطقة وتحديد مواضع النقط المختلفة وتعيين منسوبها.

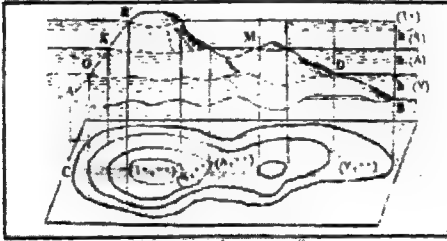
وعند تنفيذ المشروعات الهندسية والزراعية يلزم معرفة مناسيب النقط المختلفة للمشروع ومن هنا صارت الميزانية الشبكية ذات أهمية كبرى فى الخرائط المعدة لتصميم مثل هذه المشروعات ولتسهيل بيان طبيعة الأرض ، ومعرفة طبوغرافيتها توصل النقط المتساوية المناسيب بخط يطلق عليه خط الكنتور .

جدول الميزانية العرضية

النقط	مسافات متر	كميات القيمة			مشتري سلع الميزان	مستفيد النقط	مشتري الشرع	الطرح ارتفاع	ارتفاع الردم
		مؤخرها	متوسطة	مقدمة					
١ - ١	٥٠	١,٥٢	١,١١	٢,٤١	١٩,٩٢	١٨,٤٠	١٨,٤٠	٠	٠
٢	١٠٠	٢,٥٩	١,٩٢	١,٤٨	٢٠,١٠	١٨,٠١	١٨,١٥	٠,١٤	٠,١٤
٤	١٥٠	١,١٢	٠,٤٤	٠,٤٤	١٩,٧٤	١٨,١٨	١٧,٦٥	٠,٥٣	٠,٣٩
٥	٢٠٠	١,١٢	٠,٤٤	١,٤٨	١٩,٧٤	١٨,٦٢	١٧,٤٠	٠,٨٢	٠,٨٢
٦	٢٥٠	١,١٦	٠,٤٤	١,٥٠	١٩,٤٠	١٨,٢٤	١٧,١٥	٠,١٥	٠,١٥
٧	٣٠٠	١,١٦	٠,٤٤	١,٥٠	١٩,٤٠	١٨,٢٤	١٦,٩٠	١,٣٤	١,٣٤
٨	٣٥٠	١,٢٢	٠,٤٤	١,٥٠	١٨,٧١	١٧,٥٨	١٦,٦٥	٠,٩٣	٠,٩٣
٩	٤٠٠	١,٢٢	٠,٤٤	١,٩١	١٨,٧١	١٧,٤٩	١٦,٤٠	١,٠٩	١,٠٩
١٠	٤٥٠	١,٢٢	٠,٤٤	١,٩١	١٨,٧١	١٦,٤١	١٦,١٥	٠,٢٦	٠,٢٦
١١ - ب	٥٠٠	٧,٦١	٢,٣٠	٣,٨٥	١٨,٧١	١٤,٨٦	١٥,٩٠	٠	١,٠٤
		٧,٦١	٢,٣٠	١١,٦٥					

خط الكنتور

يعرف خط الكنتور بأنه عبارة عن أثر تقاطع مستوي أفقى وهمى ذى منسوب معين مع سطح الأرض ومنسوب خط الكنتور هو منسوب المستوى القاطع. فمثلاً خط كنتور (٢٠) هو الخط الذى يصل النقط ذات المنسوب (٢٠) ، والخرائط التى يشبين فيها مناسيب النقط بخطوط الكنتور تسمى الخرائط الطبوغرافية أو الكنتورية ، وغالباً تكون خطوط الكنتور ذات مناسيب صحيحة . فمثلاً إذا فرض وجود مرتفع كما فى شكل (١١٩) وقطع بعدة مستويات أفقية مناسيبها ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، وهكذا فينتج لنا خط كنتور ١٠ وخط كنتور ٩ وخط كنتور ٨ ويقال فى هذه الحالة أنه لدينا فاصل رأسى مقداره متراً واحداً ويعرف هذا الفاصل الرأسى بالفترة الكنتورية.



شكل رقم (١١٩)

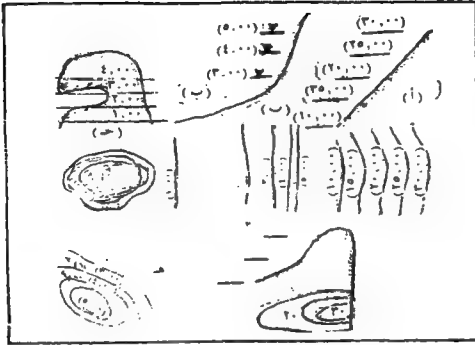
الفترة الكنتورية

هى البعد الرأسى بين كل خطى كنتور متتاليين - وهناك عدة عوامل تحدد قبة الفترة الكنتورية أهمها:

- ١- المساحة - فكلما كانت المساحة كبيرة كانت الفترة الكنتورية كبيرة نسبياً .
- ٢- الغرض الذي من أجله ستستخدم فيه الخريطة الكنتورية فإذا كان الغرض من عمل خطوط الكنتور هو تسوية أرض زراعية أو حساب الكميات منها كانت الفترة الكنتورية صغيرة.
- ٣- الوقت المحدد لعمل الميزانية وتكاليفها - فتكبر الفترة الكنتورية كلما كان الوقت المحدد لعمل الميزانية قصيراً.
- ٤- طبيعة المنطقة - فإذا كانت المنطقة ذات ارتفاعات أو انخفاضات كثيرة قلت الفترة الكنتورية وتعرف الأرض حينئذ بأنها ذات طوبوغرافية شديدة.
- ٥ مقياس رسم الخريطة - فيجب اختيار الفترة الكنتورية بحيث لا تختلط خطوط الكنتور ببعضها.

خواص خطوط الكنتور:

- ١- جميع النقط الواقعة على خط كنتور معين ذات منسوب واحد ثابت هو منسوب الخط.
- ٢- إذا كانت أبعاد خطوط الكنتور عن بعضها متساوية دلت علي أن الأرض منتظمة الميل (شكل ١٢٠).
- ٣- متفاوت خطوط الكنتور في الانحدارات الشديدة وتتباعد في الأراضي السهلة الانحدار (شكل ١٢٠) .
- ٤- لا تتقاطع الكنتور إلا نادراً في حالة الكهوف مثلاً أو وجود تجويف (شكل ١٢٠)
- ٥- تماس خطوط الكنتور في نقطة واحدة أو خط واحد ويكون ذلك في حالة انخفاض أو ارتفاع رأسى كما في حالة الجروف (شكل ١٢٠).
- ٦- جميع خطوط الكنتور يجب أن تكون مغلقة حتى ولو كان ذلك خارج اللوحة إذ أن خط الكنتور لا ينتهى (شكل ١٢٠) .



شكل رقم (١٢٠)

عمل مشروع خريطة كنتورية:

خطوات تنفيذ مشروع عمل خريطة كنتورية:

أولاً: عمل الميزانية الشبكية:

هناك عدة طرق لعمل الميزانية الشبكية وأهمها:

(أ) طريقة المربعات أو المستطيلات.

(ب) طريقة المحور.

١- طريقة المربعات أو المستطيلات:

وفيها تقسم الأرض إلى مربعات متساوية أو مستطيلات ولذلك تحصر القطعة داخل محيط مضلع أضلاعه عمودية على بعضها وتقرس شواخص المحيط على

أبعاد متساوية من بعضها وتقام أعمدة منها على أضلاع المحيط وتكون مربعات أو مستطيلات ، ثم يبدأ بعمل الميزانية لتعين منسوب كل نقطة ويدون بجوار مسقطها الأفقي ويختار طول الضلع عادة ٤٠ ، ٥٠ متراً في الأراضي الزراعية أما في أراضي البناء المراد ردمها فيختار طول الضلع عادة ٥ أو ١٠ أو ٢٠ متراً.

ب - طريقة المحور:

يثبت محور مستقيم في وسط الأرض ويميز بأوتاد وشواخص ثم تقام أعمدة على المحور كل ٤٠ أو ٥٠ متراً إذا كان ميل الأرض منتظماً أو تقام هذه الأعمدة عند كل نقطة يختلف فيها انحدار الأرض ثم تشكل قطاعات عرضية عمودية على المحور ثم نأخذ بمناسيب المحور ومناسيب النقاط التي يتغير فيها انحدار الأرض على القطاعات العرضية.

ثانياً - توقيع النقاط ومناسيبها على الخريطة:

توقع النقاط بأبعاد على الخريطة بمقياس الرسم المطلوب وتحسب مناسيبها من أقرب روبر أو من نقطة معلوم منسوبها ويمكن اختيار أكثر من نقطة دوران إذا أريد وضع الميزان في أكثر من وضع.

ثالثاً - رسم خطوط الكنتور:

هناك عدة طرق لرسم خطوط الكنتور أهمها:

١ - الطريقة الحسابية:

يفرض أن المطلوب هو رسم خطوط الكنتور بفترة كنتورية قدرها ١ متر للمنطقة التي أجريت لها ميزانية شبكية والمبينة في شكل (١٢١) ، لذلك يأخذ كل خط من خطوط الشبكة على حدة ونعتبر أن سطح الأرض على امتداده ذو انحدار ثابت وعلى هذا تحدد مواقع النقاط ذات المناسيب الثابتة (أي التي

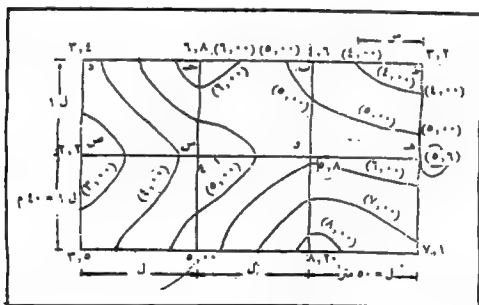
منسوبها ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر ، ...) وعلى سبيل المثال فالخط أ ب والذي منسوب نقطة أ عليه هو ٣٫٢ م ومنسوب نقطة ب هو ٤٫٦ م هناك نقطة منسوبها ٤٫٠ تقع على الانحدار الثابت بين أ ، ب . ولتعيين بعد هذه النقطة الأفقى س من نقطة أ (النقطة ذات المنسوب الأقل) نأتى بفرق المنسوب بين نقطتي أ ، ب وليكن ع وكذلك فرق المنسوب بين النقطة المطلوب تعيينها (منسوب ٤٫٠) وبين أوطى نقطة (نقطة أ) وليكن ع١ وبنا فإن :

$$\frac{س}{ل} = \frac{١٤}{ع}$$

أى أن:

(٦١)

$$س = \frac{١٤}{ع} \cdot ل$$



شكل رقم (١٢١)

وبذا يمكن تحديد موقع النقطة ذات المنسوب الصحيح. أما إذا كان الخط عليه أكثر من نقطة مثل الخط ب ج الذي يمثل انحداراً ثابتاً تقع عليه النقط ذات مناسيب ثابتة ٥٠٠ ، ٦٠٠ فإنه تحسب مسافتين س_١ ، س_٢ من المعادلة (٦١) لتحديدان بعد النقطتين عن النقطة ذات المنسوب الأقل.

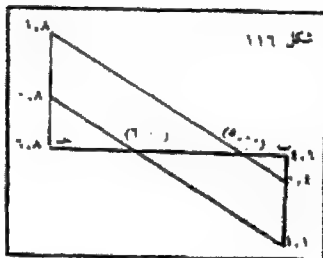
بعد الحصول علي كل النقط ذات المناسيب الثابتة في الشبكة نصل بين النقط ذات المناسيب الواحدة لنحصل على خط الكنتور الذي يمثلها مع مراعاة خواص خطوط الكنتور عند توصيل النقط. وعادة إذا بدأنا بنقطة ذات منسوب معين على أحد خطوط الشبكة فإننا نبحث عن نقطة لها نفس المنسوب في أحد الخطين المجاورين لنصلها بها، إما إذا لم نجد فإننا نبحث على نقطة لها نفس المنسوب في الضلع المقابل لنصلها بها ففي شكل (١٢١) بعد أن حددنا موقع النقطة التي منسوبها (٤٠٠) على الخط أ ب وجدنا أن هناك نقطة أخرى لها نفس المنسوب على الخط المجاور أ ه وصلت بها . وعلى الخط أ ه أيضاً كان هناك نقطة أخرى منسوبها (٥٠٠) ، وبالبعث عن نقطة ذات منسوب (٥٠٠) على الأضلاع المجاورة لم نجد ، لذلك وصلت هذه النقطة بنقطة لها نفس المنسوب على الضلع المقابل ب و وبالمثل وصلت جميع النقط المتناظرة في الشبكة للحصول على جميع خطوط الكنتور كما هو موضح في شكل (١٢١).

والطريقة الحسابية لتحديد مواقع النقط ذات المنسوب الثابت على الشبكة تناسب الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من المربعات أو المستطيلات أما إذا زاد العدد فستستخدم الطرق البيانية والميكانيكية ولو أن وجود الحسابات الالكترونية البسيطة سهلت الطريقة الحسابية.

٢- الطريقة البيانية (طريقة النسبة والتناسب)

يمكن تعيين النقطة ذات منسوب ٤٠٠ على الضلع أ ب وذلك بالرسم مباشرة باعتبار أن أ تنخفض عن النقطة ذات منسوب ٤٠٠ بمقدار ٨٠ متر والنقطة ب ترتفع عن النقطة ذات منسوب ٤٠٠ بمقدار ٦٠ متر . فلو أخذنا أي خط بنفس طول أ ب (ويمكن أخذ الخط أ ب نفسه) وأقمنا من بدايته وعند نقطة أ عموداً بطول يناظر ٨٠ متراً بأي وحدات من أسفل (انخفاض) ثم من ب عموداً آخر

بطول ٦٠ متراً بأى وحدات إلى أعلى (ارتفاع) ووصلنا بين نهايتي العمودين فإن الخط الناتج سيقطع الضلع أ ب في النقط ذات منسوب ٤٠٠٠ وشكل (١٢٢) يبين كيفية الحصول على النقطة ذات مناسيب ٥٠٠٠ ، ٦٠٠٠ على الخط ب ج .
وهذه الطريقة تعتبر أسرع من السابقة وإن كان يعيها كثرة الخطوط المرسومة على الشبكة مما يشوه شكلها .

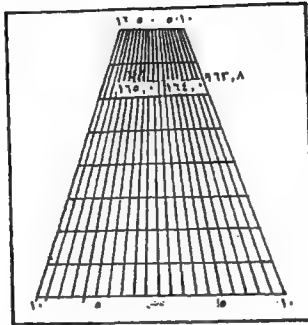


شكل رقم (١٢٢)

٢- طريقة الشفاف (الطريقة الميكانيكية) :

تتلخص هذه الطريقة في أننا نرسم مثلث متساوي الساقين مثلاً ونقسم قاعدته إلى أجزاء متساوية كبيرة (أربعة مثلاً) كما في شكل (١٢٣) وذلك على ورقة شفاف أو كلك ثم نقسم كل قسم بدوره إلى عدد من الأقسام الصغيرة المتساوية وليكن خمسة أقسام - ثم نصل نقط التقسيم برأس المثلث المقابلة مع تمييز الأقسام الكبيرة بخطوط متقطعة أو سمكة .

ونرسم متوازيات للقاعدة وتستحسن أن تكون على مسافات متساوية ، ولتعيين المناسب بهذه الطريقة نتبع الآتي:



شكل رقم (١٢٣)

١- نفرض أن لدينا خط أ ب حيث منسوب أ (١٦٣,٨) متراً ومنسوب ب (١٦٥,٢) متراً ، والمطلوب هو تعيين نقطتين على أ ، ب منسوبهما (١٦٤,٠) ، (١٦٥,٠) متراً.

نلاحظ أن الفرق بين المنسوبين أ ، ب هو ١,٤ متراً أي ١٤ وحدة ونعتبر أن كل وحدة تقابل قسماً صغيراً من أقسام المثلث الشفاف.

٢- نضع المثلث الشفاف ونجعل الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب موازياً للقاعدة ، ونحرك المثلث الشفاف بشرط أن نحافظ على موازاة أ ، ب والقاعدة حتى يحصر الخط أ ب ١٤ مسافة من مسافات المثلث.

٣- نضع دهبس على بعد قسمين من أ فتتبعين النقطة ذات المنسوب (١٦٤,٠) ونضع دهبس على قسمين من ب فتتبعين النقطة ذات المنسوب (١٦٥) كما في شكل (١٢٣) ، وذلك لأن نقطة أ تنخفض ٢- متر عن النقطة ذات المنسوب (١٦٤,٠) في حين أن النقطة (ب) ترتفع بمقدار ٢- متر عن

النقطة ذات منسوب (١٦٥٠٠).

٤- يمكن الإستعاضة عن المثلث المقسم بشبكة خطوط متوازية وتعيين نقط الكونتور المختلفة مثل ج ، د فى المثال السابق وذلك يجعل نقطة الصفر تقع على أمثلاً وندير الورقة الشفاف حتى تمر نقطة ب بالخط الذى يعين القسم ١٤ فتكون نقطة كونتور (١٦٤٠٠) ج على القسم الثاني وكونتور (١٦٥٠٠) د على القسم الثاني عشر ابتداءً من نقطة الصفر.

رسم القطاعات من خطوط الكونتور:

إذا قطعت خطوط الكونتور فى أى خريطة كونتورية بمستوى رأسى فإنه يمكن رسم شكل القطاع الناتج وذلك بمعرفة المسافات الأفقية بين نقط تقاطع المستوى مع خطوط الكونتور من الخريطة وبمعرفة مناسيب خطوط الكونتور وتستعمل نفس القواعد والمقاييس كالتي استخدمت فى تشكيل ورسم القطاعات الطولية كما هو مبين فى شكل (١٢٤).

استعمالات خطوط الكونتور:

تستعمل خطوط الكونتور فى أغراض شتى لتخدم القطاعات الهندسية والزراعية وأهم استعمالات خطوط الكونتور هي:

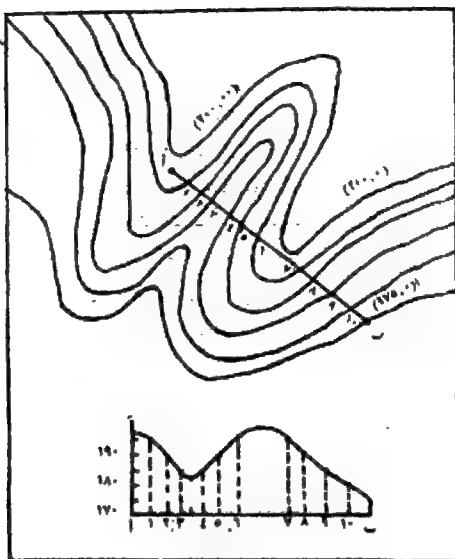
١- الحصول على: قطاعات من الخريطة مباشرة لاستخدامها فى دراسة وتخطيط المشروعات المختلفة.

٢- تعيين كميات الأتربة وسعة الخزانات وأماكن السدود ومواقع الخزانات.

٣- تخطيط الترع والمصارف - فتوضع مثلاً الترع فى الأماكن العالية والمصارف فى الأماكن المنخفضة.

٤- تستعمل فى عمليات تسوية الأراضى للري والزراعة.

٥- تستعمل فى تعيين ميول سطح الأرض وفى تحديد محاور الطرق والترع والمصارف ذات الميول الثابتة المطلوبة.



شكل رقم (١٧٤)

مصادر الأخطاء في الميزانية،

تتعدد الأخطاء في عمل الميزانية ، وهذه الأخطاء متنوعة فمنها أخطاء منتظمة وأخطاء غير منتظمة وتسمى أخطاء عرضية ومصادر هذه الأخطاء كثيرة وأهمها:

(أ) الأخطاء الناتجة من الأجهزة المستخدمة في الميزانية (الميزان ، والقائمة).

- (ب) الأخطاء الناتجة من استعمال هذه الأجهزة.
- (ج) الأخطاء الناتجة من طريقة رصد وتدوين النتائج.
- (د) الأخطاء الناتجة عن العوامل الطبيعية التي تؤثر في نتائج الميزانية.

ويمكن تلخيص جميع هذه الأخطاء في النقاط الآتية:

- ١- أخطاء الميزان وينتج ذلك من عدم ضبطه ضبطاً دائماً أو مؤقتاً.
- ٢- أخطاء وضع الميزان وذلك بمسك الحامل أثناء القراءة أو تغيير موضع الفقاعة في ميزان التسوية.
- ٣- أخطاء وضع القامة حيث يؤدي عدم رأسية القامة إلى القراءة الخطأ.
- ويؤدي وضع القامة في أرض رخوة بدون قاعدة حديدية إلى اختلاف قراءات القامة خاصة عند نقط الدوران.
- ٤- أخطاء القراءة على القامة.
- ٥- أخطاء التدوين في جدول الميزانية.
- ٦- تأثير انكسار الأشعة نتيجة لاختلاف درجات الحرارة وكثافة الهواء في الطبقات الهوائية المختلفة القريبة من سطح الأرض.
- ٧- ارتفاع درجة الحرارة للجهاز نتيجة سقوط أشعة الشمس على جهة واحدة من الجهاز.

تطبيقات على الميزانية:

إن معظم الصعوبات التي تعترض خط النظر يمكن التغلب عليها بالالتفاف حولها مثلاً ولكن هناك بعض الصعوبات التي تصادفها في أعمال الميزانية يمكن التغلب عليها بطرق عملية خاصة وفيما يلي بعض الأمثلة.

١- اعتراض بحيرة أو مستنقع خط الميزانية،

إذا كانت المياه ساكنة وليس فيها أمواج وكانت من السعة بحيث لا يمكن رصد شاطئ من الآخر ولكنها في نفس الوقت ذات سعة صغيرة نسبياً ، فنأتى بمنسوب سطح الماء بوضع قامة على سطحه ثم تنتقل إلى الشاطئ الآخر. نبتدئ الميزانية بوضع قامة على سطح الماء المعلوم منسوبه من الشاطئ الآخر أى أن سطح الماء يعتبر كنقطة دوران ، نأتى بمنسوب سطح الميزان ونستمر في الميزانية.

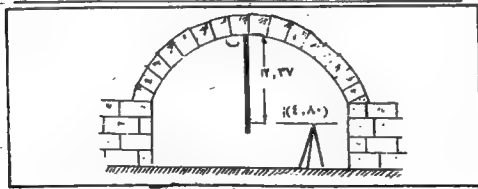
. الواقع أن هذا غير دقيق لأن سطح الماء مهما كان هادئاً فلا بد من وجود بعض الاختلاف.

عمل ميزانية على تل شديد الانحدار،

عند عمل ميزانية على تل صعوداً أو هبوطاً يجب تجنب الأرصاد القصيرة جداً بين نقط الدوران وذلك بوضع الميزان على جانبي الخط ، ففسير في خط منكسر حتى توازن ما أمكن بين أطوال المقدمات والمؤخرات.

٢- متاسيب نقط مرتفعة عن سطح الميزان،

مثال ذلك إيجاد منسوب نقط في سقف قبر أو كوبرى شكل (١٢٥) توضع القامة مقلوبة وصفرها ملاصقاً للنقطة المراد إيجاد منسوب بها . تجمع القراءة



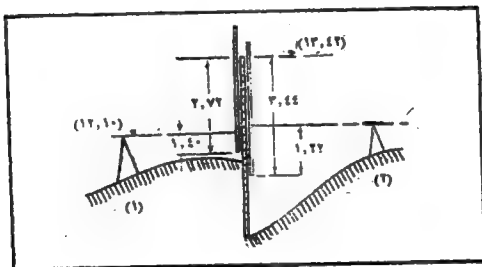
شكل رقم (١٢٥)

على منسوب سطح الميزان بدلاً من طرحها منه كما هو معتاد . وإذا كانت هذه النقطة في جدول ميزانية فإن القراءة عليها توضع بإشارة (-) أمامها ، فمثلاً إذا كان منسوب سطح الميزان ٤٨٠ متراً والقراءة ٢٣٧ فإن منسوب نقطة القبر (ب) = ٤٨٠ - (٢٣٧) = ٢٤٣ متر شكل (١٢٥) .

٤- العصبية في طريق الميزانية كالأسوار:

نفرض أننا داخل مصنع محاط بالأسوار ولا يمكن النظر خلالها شكل (١٢٦) . إذا أردنا الاستمرار في الميزانية داخل المصنع إلي خارج الأسوار مع الترفير في الوقت و العمل فنجري ما يلي :

ندق مسمار في الحائط قرب أسفلها ويكون بارزاً أو نضع حافة سكين داخل فواصل الطوب . نضع القامة فوق المسمار أو السكين ونعتبرها مقدمة لآخر وضع في الميزانية ونفرض أن منسوب سطح الميزان كان ١٢١٠ وأن القراءة على القامة = ١٤٠ متر وارتفاع السور من المسمار حتى قمة السور = ٢٧٢ متراً .
منسوب قمة السور = ١٢٢٠ - ١٤٠ + ٢٧٢ = ١٣٥٢ م .



شكل رقم (١٣)

نأخذ الميزان خارج السور في الوضع (٢) ونكرر ما سبق ونفرض أن قراءة القامة كانت ١٢٣ م وارتفاع قمة السور من المسمار = ٣٤٤ م

$$\text{منسوب سطح الميزان} = ١٣٤٢ - ٣٤٤ + ١٢٣ = ١١٢٠ \text{ م}$$

وبهذا يمكن الاستمرار في عمل الميزانية خارج الأسوار.

الميزانية العكسية (Reciprocal Levelling):

عند عمل ميزانية عبر نهر أو وادي عميق أو منخفض نجد أنه لا يمكن مطلقاً وضع الميزان في منتصف المسافة بين المقدمة والمؤخرة. وفي هذه الحالة نتبع طرق خاصة في الرصد تسمى (الميزانية العكسية) نتخلص فيها من:

١- تأثير الكروية والانكسار ، وخاصة في المسافات الكبيرة حيث يظهر تأثير هذه العوامل فإن تأثير الكروية في مسافة كيلومتر واحد تساوي خمسة سنتيمترات تقريباً ، وهو مقدار كبير لا يمكن إهماله.

٢- الأخطاء في الميزان.

٣- التغيرات في معامل الانكسار مع الوقت.

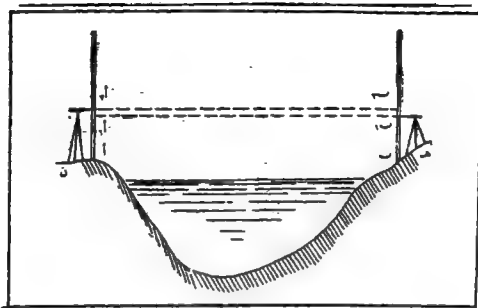
الطريقة - استعمال ميزان واحد،

لأيجاد الفرق بين منسوبي النقطتين أ ، ب شكل (١٢٧) نجرى الخطوات الآتية:

١- نضع الميزان في نقطة مثل ن قريباً من أ ونأخذ القراءة علي كل من أ ، ب ولتكن القراءتين أ_١ ، ب_١.

٢- ننقل بالجهاز عبر العائق ونثبت الجهاز فوق ه قريباً من ب ونأخذ القراءات علي أ ، ب ولتكن أ_٢ ، ب_٢ علي الترتيب . يراعى في الخطوتين السابقتين أن ب أ = ه ب وتكون كل منهما صغيرة بقدر الإمكان.

٣- نحسب الفرق بين القراءتين في كل حالة. وقد يتساوى الفرقان أو لا يتساويان ، وقد يكون أحدهما أو كلاهما خطأ نتيجة للخطأ في الجهاز وتأثير



شكل رقم (١٣٧)

الكروية والإتكسار. نأخذ متوسط الفرق في العاليتين نحصل على الفرق الحقيقي بين منسوبي أ ، ب لأن الأخطاء تلاشى بعضها .

$$(٦٢) \quad \frac{(\hat{A}_1 - \hat{B}_1) + (\hat{A}_2 - \hat{B}_2)}{2} = \text{ب} \text{ ، } \hat{A} \text{ الفرق الحقيقي بين منسوبي}$$

عيوب هذه الطريقة،

- ١- قد لا يضيع تأثير الإنكسار لسرعة تغيره فقد يتغير أثناء نقل الميزان فيكون الإنكسار عند رصد أ ، ب من ن غيره عند رصد أ ، ب من هـ .

كيفية زيادة دقتها،

- ١- استعمال قامتين حتى لا يضيع وقت كبير أثناء الانتقال لنقطة الأخرى.
- ٢- أخذ قراءات على النقطة البعيدة في فترات مختلفة ثم أخذ المتوسط مدى

استعمال هذه الطريقة:

٣- تستعمل لمسافات حتى ١٥٠ متراً تقريباً.

الطريقة الثانية - استعمال ميزانين،

١- يوضع ميزان في ن وآخر في هـ ثم تؤخذ القراءات من الوضعين في آن واحد ولتكن القراءات من الميزان الأول أ ، ب ، ومن الميزان الثاني أ' ، ب' .
نأخذ المتوسط كما سبق.

ميزة هذه الطريقة،

١- الرصد في آن واحد من الميزانين يضيع تأثير الانكسار لأنه سيكون واحداً في الحالتين ولا يكون هناك تغير في الظروف الجوية.

عيوب الطريقة،

من الجائز أن يكون بأحد الجهازين به خطأ في خط النظر والآخر ليس به خطأ أو لا يكون الخطأ متساوي في الجهازين وبذا فإن أخذ المتوسط لا يضيع الخطأ ،
بعكس الطريقة الأولى.

الطريقة الثالثة - الطريقة المثلى،

تستعمل إذا زادت المسافة عن ١٥٠ متراً ، وتستعمل للجمع بين مزايي
الطريقتين السابقتين والتخلص من عيوبهما .

١- نستعمل ميزانين للرصد في آن واحد وقامتين كما سبق ثم نتبادل مكانى
الميزانين ويرصد القامتين مرة أخرى في آن واحد فتكون القراءات في المرة الأولى
أ ، ب ، أ' ، ب' أما في المرة الثانية بعد تبادل الأجهزة فتكون أ' ، ب' ،
أ ، ب .

٢- يحسن أن تكون قوة وحساسية ميزان التسوية في الجهازين متساوية
تقريباً.

الفرق الحقيقي بين المنسوبين

$$(٦٣) \quad \frac{(أ - ب) + (٢أ - ٢ب) + (٣أ - ٣ب) + (٤أ - ٤ب)}{٤} =$$

تثبيت المناسيب:

إن تثبيت المناسيب عملية كثيراً ما تجرى في مواقع المشروعات والأعمال الهندسية ، خاصة في مشروعات الطرق والسكك الحديدية والمصارف ويعين أي منسوب مطلوب بموضع أو قبة أو رأس وتد يلق في الأرض حتى ترصد القراءة الصحيحة على قامة فوق رأس الوتد.

تعين منسوب سطح الميزان بالطريقة المعتادة ونحسب القراءة الواجب قراءتها على القامة الموضوعة فوق الوتد للحصول على المنسوب المطلوب ، وذلك بطرح المنسوب المطلوب من سطح الميزان ، ويدق الراصد فوق الوتد حتى نحصل على القراءة المحسوبة ، وقد نضطر لرفع الوتد إلى أعلى للحصول على المنسوب المطلوب.

مثال:

وضع ميزان فوق نقطة أ ثم أخذت القراءة على قامة موضوعة فوق نقطة في شارع فكانت = ٢.٣٠ م يراد تعيين نقطة ب على بعد ١.٠٠ م من أ بحيث يكون الانحدار ١:٥٠ إلى أعلى.

الحل:

$$\text{فرق المنسوب} = \frac{1}{5} \times 1.00 = 0.20 \text{ م}$$

$$\text{القراءة الواجبة على ب} = 2.30 - 0.20 = 2.10 \text{ م}$$

يلق وتد في ب وتوضع فوقه قامة ويرفع أو يخفض الوتد حتى تصيح القراءة = ٢.١٠ م

مسائل

١- أخذت القراءات الآتية في ميزانية من رويبر منسوبه (-١٨٤ر) بقصد إيجاد المناسيب على القطاع الطولي لمحو مشروء من أ إلى ب.
الوضع الأول للميزانية : ٩٤ر ، -٦٦و ، -٤٤و . الوضع الثاني: ٧٤ر ، -٨٧ر . الوضع الثالث للميزان : ٩٢ر - ٠١ر . -٤٤ر الوضع الرابع : صفر ، -٣٤٢ر عين مناسيب النقط المختلفة في جدول كامل للميزان وحق العمل حسابياً.

٢- أخذت قراءات القائمة التالية في ميزانية طولية:

المؤخرات هي	١,٦٤٦	٢,١٩٩	٣,١٦٤	١,٧٤٤
المتوسطات هي	٢,٤٢٢	٣,٤٨٤	٢,٨٦٤	
المقدمات	٣,٥١١	١,١٧٤	٢,٢٨٨	٢,١٦٤

عين مناسيب النقط المختلفة في جدول الميزانية بطريقة سطح الميزان إذا كان منسوب النقطة الأخيرة هو ٨٧٦ر وأن القراءات على النقط الثانية والثالثة والخامسة متوسطات . حق العمل الحسابي.

٣- أخذت القراءات الآتية للقائمة بقصد تعيين مناسيب النقط المختلفة على قطاع طولى فكانت:

١,٦٥	(٢,١٠)	٢,١٠	١,٧٠	(١,٥٠)	١,٨٢	٢,٣٤
(٣,٢٥)	٣,٤٨	٢,١٥	(١,٣٢)	٢,٤٧	٢,٧٥	

فإذا كانت القراءات بين الأقواس هي مقدمات وكان منسوب النقطة الرابعة هو (٥ر) متراً - عين مناسيب النقط على طول القطاع بطريقة الارتفاع والانخفاض مع تحقيق العمل الحسابي.

٤- يعد بناء إحدى المباني الضخمة حدث ترخيم فى سقف الدور الأرضى عند المنتصف تقريباً نتيجة لخطأ فى التصميم. بين كيف تعين بدقة قيمة هذا الترخيم مستعملأى أدوات تريدها مع شرح خطوات العمل .

٥- من ثلاثة أوضاع للميزان أخذت قراءات القامة على قطاع طرلى لتعيين مناسيب نقطه المختلفة فكانت :

الوضع الأول :	١,٢٥	٢,٧٥	٣,٨٤	٢,١١
الوضع الثانى :	٠,٣٨	١,٤٧	٢,١٤	٣,٦٢
الوضع الثالث :	١,١٩	١,١٣	١,٧٣	صفر

فإذا كان منسوب النقطة الرابعة هو (١٧ر٥٠) متر فعين فى جدول للميزانية مناسيب نقط القطاع مستعملأى طريقة فرق الارتفاع . حقق العمل الحسابى.

٦- عملت سلسلة ميزانية لتعيين منسوب روبر ب ابتداء من روبر أ منسوبه (٢٨ر٤٠) وكانت القراءات هي:

٠,٥٢	٠,٩٧	١,٤١	١,٥٩	٠,٩٢	٠,٤٨	٠,١٢
٠,٤٤	٠,٥٠	٠,١٩	٠,٨٢	٠,٩١	٠,٢٢	١,٣٠

وكانت النقطة الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة نقط دوران فما هو منسوب الروبر ب.

الجواب (منسوب ب = ٢٤ر٨٦)

٧- أخذت القراءات الآتية فى ميزانية (١٧٧-١) ، ١ر٤١ ، (٣٩٤-١) (١٦-٠) ، ٣ر٨٤ ، ٠ر٤٥ ، ١ر٩٥ ، (١٨-٠) ، ٢ر١١ ، (٢١٤-٠) ، ١ر٦٥ ، ٠ر١٤

فإذا كانت النقطة الثانية والخامسة والسادسة نقط دوران ومنسوب النقطة الأخيرة (-٠.٦٨) فما هي مناسيب النقط الأخرى مستعملاً طريقة سطح الميزان مع تحقيق العمل في جدول ميزانية كامل . استعمل مرة أخرى الارتفاع والانخفاض.

٨- عند إجراء ميزانية طولية كانت قراءات القائمة هي:

٢,٠٠	٣,٣٥	٣,٣٠	١,٣٧	١,٩٨	١,٦٧	٢,٥١
٢,٤٨	٢,٧٨	٢,٥٠	٢,٩٠	٢,٣٠	٣,٤٥	١,٦٢
			٢,٥٥	٠,٩٤	١,٦٧	٣,٣٨

وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الثانية والخامسة والتاسعة والحادية عشر والرابعة عشر والسادسة عشر وكان منسوب النقطة السادسة هو (١٦.٠٩). عين مناسيب النقط المختلفة وحقق العمل.

٩- أجريت ميزانية طولية على أرض تتخلر في اتجاه واحد فكانت القراءات هي:

١,١٤	١,٥٦	٠,٧٧	٣,٧٨	٣,١٢	١,٣١	٠,٨٥
١,٥٥	٠,٨٥	٣,٣٥	٢,٠٦	١,٤٨	٠,٧٤	٣,٥٦
				٣,٥٥	٢,٩٨	٢,٤٢

احسب مناسيب النقط المختلفة إذا كانت النقطة الرابعة ذات منسوب (-١.٠٨)

١٠- أخذت القراءات الآتية في ميزانية فكانت ١,٦٧ - ، (٢,٤٠) ، ١,٣٥ ، ٣,٦٧ ، ١,٤٤ ، (٣,٦٦) ، ١,٨٦ ، (٠.٧-) ، (١,٦٤) ، (١,٢١) ، س ، ٢,٦٧ ، ١,٣٠ ما هي القراءات الواجبة لتكون في منسوب رابع

نقطة مع العلم بأن منسوب أول نقطة = (٢٠٥٧) والقراءات بين القوسين مؤخرات حق العمل الحسابي عند استخدام طريقة سطح الميزان .

١١- دون نتائج الميزانية الآتية في جدول واستنتج مناسيب النقط مع العلم بأن منسوب أول نقطة ٢٢٧٥ متراً - وأن القراءات المدونة بين القوسين مؤخرات:

١٠٥٢ ، ١٠٨٥ ، ٢٠١٧ ، ٢٠٤٢ ، (٢٠٦٥) ، ٢٠١٥ ، ١٠٩٧ ، ١٠٥٢ ، ٢٠٦٤ ، ١٠٧٧ ، ٢٠١٦

استعمل طريقة سطح الميزان وحق العمل الحسابي.

١٢- وضع ميزان دمى في منتصف المسافة بين قائمتين فكانت القراءتين على القائمتين هما ٢٠٧٦٥ متراً ، ٢٠٨٣٣ متراً ثم نقل الميزان ووضع بجوار القامة الأولى وأخذت القراءتين للقامة فكانت ٢٠٣٧٥ متراً ١٠٩٤٥ ما هي قراءة القامة الصحيحة عند النقطة الثانية وارسم خط النظر للمنظار في الحاليتين. الجواب (القراءة هي ٢٠٣٠٧ متراً).

١٣- القراءات الآتية أخذت في أرض تتوسطها بركة من المياه وكانت القراءات السابعة والثامنة والتاسعة عبارة عن جسات وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الرابعة والسادسة والعاشرة المأخوذة من سطح الميزان وكان منسوب النقطة الخامسة (منسوب سطح ماء البركة) ثلاثة أمتار تحت سطح البحر. عين مناسيب النقط المختلفة بما في ذلك نقط الجسات.

٢٠٧٦ ، ٢٠٦٤ ، ٢٠٨٤ ، ٠٠١٨ ، ١٠٧٧ ، ١٠٢٨ ، ٢٠٤٤ ، ٢٠١٨ ، ٢٠٢٢ ، ١٠٠١ ، ١٠٢٣ ، ٠٠٢٧ ، ١٠٨٨ ، ٠٠٩٦ ، ٠٠٩٨ ، ٢٠٠٤ ، ٠٠٧٦

١٤- عند إجراء ميزانية طولية على قطاع طولي كانت القراءات القائمة:

٣,١١	٢,٥٨	١,٩٧	٢,٠٨	٢,٨٥	١,٥٩	١,١٢
٢,٩٥	٠,٨٤	صفر	صفر	١,١٨	١,٢٤	٠,٤٤
٠,٢٣	١,١٣	١,٨٧				

وكان الميزان قد نقل بعد القراءات الرابعة والسادسة والعاشر والرابعة عشر - عين في جدول للميزانية مناسيب نقط القطاع إذا كان منسوب النقطة الخامسة هو متران تحت سطح البحر - وإذا أريد تسوية هذا القطاع بحيث يعميل $\frac{1}{4}$ إلى أسفل مع ثبات منسوب النقطة الرابعة في الميزانية - فعين في نفس الجدول ارتفاع الحفر والردم إذا كانت نقط القطاع تتباعد ٤٠ متراً بعضها البعض.

١٥- القراءات الآتية أخذت في ميزانية طولية على محور طريق:

٢,٠١	١,٢٧	١,٤٨	٠,٩٨	٠,١٨	٢,٨٥	١,٥٠	١,١٢
١,٨٤	١,٢٣	٢,٩٥	٠,٠٠	٢,٣٠	٢,٧٨	٢,٩٨	٢,٠٠

فإذا كان منسوب أول نقطة هو (٢٣ و ١١) فاحسب مناسيب النقط المختلفة بطريقة يمكننا التحقق بها مناسيب النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة على أن النقطة الثانية والرابعة والسادسة والثامنة كانت نقط دوران.

١٦- لعسل قطاع طولي أخذت القراءات التالية على نقط القطاع.

٢,١٥	٠,٧٥	٣,١٤	١,١٢	٠,١٨	١,٤٣	٢,١٤
٣,٢٢	١,٨٢	٢,٤٥	١,١٣			

وكان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والرابعة والسابعة من نقط المشروع التي تتباعد عن بعضها بقدر ٣٠ متراً - احسب مناسب النقط لو كان منسوب أول نقطة هو ٢٦٣٨ - ارسم القطاع الطولي مبيناً عليه الأرض الطبيعية وخط الإنشاء لطريق يميل $\frac{1}{4}\%$ إلى أعلى منسوب أوله ٢٥٥٠ - وعين ارتفاع الحفر والردم اللازمين لإتمام هذا الطريق.

١٧- أخذت القراءات الآتية في ميزانية :

١٩٧٠- ، ١٠٠٤٤ ، ٧٠٦- ، ٤٦٧- ، ٣١٥- ، ٢٨٧- ،
 ١٦٣- ، ٩١٨- ، ٧٠٥- ، ٤٢- ، ١٠٠- ، ١٨٤- ، ٩٢٢- ،
 ٦٠٧- ، ٤٣١- ، ٨٢- ، ٢١٧- ، ٢٠٧- ، ٢١٩- ، ٢٠٦- ،
 فإذا كانت القراءات بين القوسين مقدمات:

أ - أوجد مناسب النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض.

ب- ارسم القطاع بمقياس ١ : ١٠٠٠ الأفقى ، ١ : ٥٠ للرأسى.

ج - بين على القطاع خط إنشاء انحداره $\frac{1}{4}\%$ إلى أعلى من منسوب ٢٠٠ ابتداءً من مسافة صفر وبين مقدار الحفر أو الردم عند كل وتد علماً بأن أول نقطة كانت رويبر رقم (١) ومنسوبه ١٥٢ وأول نقطة على المشروع هي النقطة التالية للرويبر، والمسافات بين الأوتاد المختلفة قدرها ٥٠ متراً ونقط الدوران لا يوجد بها أوتاد وأخذت فقط لفرض الانتقال من وضع لآخر للميزان ، وآخر وتد كان مسافة ٥٠٠ متراً أما باقى النقط فكانت للربط مرة أخرى علي الرويبر رقم (١).

١٨- أخذت الميزانية التالية على رؤوس أوتاد لتسوية أرض.

٨٢ ، ٨٨ ، ٦٨ ، ٤٧ ، ٩٦ ، ٩١ ، ٦٠ ، ٥١ ، ٩٧ ،
 ٨٨ ، ٧٨ ، ٦٥ ، ١١ ، ٦٧ ، ٦٢ ، فإذا كان الميزان قد نقل
 بعد القراءات الثالثة والثامنة والحادية عشر ومنسوب رأس الوتد الأول ١٧٧ م
 فما مقدار رفع أو خفض رأس الوتد السادس ليكون على خط الانحدار بين رأسى
 الوتدين الثانى والحادى عشر.

١٩- أخذ مهندس القراءات الآتية في ميزان على محور طريق تمهيداً لوضع ماسورة مياه وكانت كما يلي:

١,٤٦, ٨٦, ١, ١٧, ٧٧, ١٧, ٠, ١١, ٢, ٢٤, ٣, ٠, ٨٨, ١, ٤٦
١٥, ١٦, ١, ٨١, ٢, ١٠, ١, ٨٩, ١, ١٥
فيذا كان الميزان قد نقل بعد
النقطة الثالثة والرابعة والسابعة وكان منسوب النقطة الرابعة ١,٧٥ م تحت سطح
البحر ، أوجد في جدول مناسيب النقط المختلفة علماً بأن المسافة بين كل نقطة
وأخرى = ١٠٠ م ارسم قطاع طولي مبيناً عليه مناطق الحفر والردم إذا كانت
الماورة ستوضئ أفقيه ومنسوبها هو منسوبها النقطة الرابعة.

٢. عملت ميزانية عكسية بين أ ، ب وكان ارتفاع الجهاز فوق أ = ٢١٣٧ م

القراءة على القائمة فوق ب = ٢٧٨٦ م

ارتفاع الجهاز فوق ب = ٢٦٥ م

القراءة على القامة فوق أ = ١٦٢٧ م

فإذا كان منسوب المحطة أ = ٧٧ر٤١ م . ما منسوب النقطة ب.

٢١- يراد تهديد أرض مطار وكانت الأرض تليه وغير منتظمة للوصول إلى
غرض التمهيد وضعت بعض الأوتاد على طول محور المشروع وعلى أبعاد
متساوية كل منها = ٢٥ مترا ، ثم أخذت ميزانية لرؤوس هذه الأوتاد فكانت
القراءات عليها ابتداء من الورد الأول كما يلي:

٢,١١, ١,١٧, ١,٤١, ٠,٧٨, ٢,٧٧, ٢,٨٤, ١,٨١, ٢,٧٦, ١,٦٤
٨٨. فإذا كانت القراءات الثلاثة الأولى قد أخذت من وضع واحد والقراءتان
التاليتان من وضع ثانٍ والباقي من وضع ثالث، فما مقدار رفع أو خفض كل وتد
حتى تكون الرؤوس كلها على ميل إلى أسفل قدره ٦°. في المائدة من الورد الأول
علماً بأن الورد الثالث سوف يكون مع سطح الأرض وتسوي باقي الأوتاد على هذا
الأساس.

الباب التاسع

الكميات والحجوم وتسوية الأراضي

Volumes and Land Grading

كثيراً ما تقابلنا ضرورة حساب الحجوم لكميات الأتربة والمياه ومكعبات المباني والأعمال الخرسانية وخلافة والذي يعتبر من أهم أعمال المساحة وذو تأثير على اقتصاديات المشاريع الهندسية حيث يتوقف تقدير تكاليف المشروعات عليها.

وهناك عدة طرق وقوانين مباشرة يمكن منها حساب الكميات والحجوم ويتوقف اختيارها على حسب طبيعة المشروع وعلى الخرائط المتوفرة ، وعموماً يمكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يأتي:

- ١- مكعبات الأشكال المنتظمة - (مكعبات المباني والمنشآت).
- ٢- المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية . (مشاريع الطرق والرى).
- ٣- المكعبات من مناسيب النقاط - (الميزانية الشبكية وتسوية الأراضي).
- ٤- المكعبات من خطوط الكنتور (تسوية الأراضي).

نولاً : مكعبات الأشكال المنتظمة،

شكل (١٢٨) يبين بعض أشكال المجسمات الهندسية وفيما يلي بعض القوانين والمعادلات الخاصة لحساب هذه الحجوم :

(٦٤)

$$١- \text{المكعب} = \text{ل}^3$$

حيث ل طول ضلع المكعب.

٢- حجم متوازي المستطيلات = مساحة القاعدة \times الارتفاع = م \times ع

(٦٥)

متوازي المستطيلات = س . ص . ع

٣- حجم الهرم الكامل = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة \times الارتفاع

(٦٦)

الهرم الكامل = $\frac{1}{3}$ م \times الإرتفاع

٤- حجم الهرم الناقص (ينتج من قطع هرم كامل بمستوى موازى القاعدة).

(٦٧)

الهرم الناقص = $\frac{ع}{3} (\sqrt{١٢ \times ٢٢} + ٢٢ + ١٢)$

حيث م ، ١٢ مساحة سطحه المتوازيين ، ع ارتفاعه

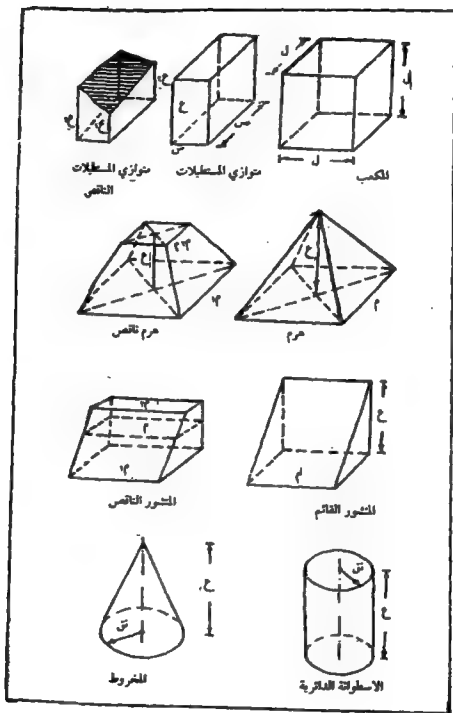
٥- حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة \times الارتفاع

(٦٨)

الاسطوانة = ط \times نق \times ع

حيث نق = نصف قطر القاعدة

ع = ارتفاع الاسطوانة.



شكل رقم (١٧٨)

٦- حجم المخروط = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة \times الارتفاع

(٦٩)

$$\text{المخروط} = \frac{1}{3} \text{ ط نق} \times \text{الارتفاع}$$

٧- حجم المنشور الكامل = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة \times الارتفاع.

(٧٠)

$$\text{المنشور الكامل} = \frac{1}{3} \text{ م} \times \text{ع}$$

٨- حجم المنشور الناقص = متوسط القاعدتين \times الارتفاع.

(٧١)

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{3} (١٢ + ٢٢)$$

حيث ١٢ ، ٢٢ مساحتي الوجهين المتوازيين.

وتسمى هذه الطريقة بطريقة متوسط القاعدتين.

هذه الطريقة تصلح عندما تكون ١٢ قريبة إلى ٢٢ ، وإذا لم تكن كذلك.

(٧٢)

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{3} (١٢ + ٢٢ + \text{م})$$

حيث ع ارتفاع المنشور .

١٢ مساحة المقطع الأول.

٢٢ مساحة المقطع الثاني.

م مساحة المقطع المتوسط في منتصف المسافة ع .

وغالباً ما تكون مساحة القطاع المتوسط غير معروفة وتحسب على أساس أن أبعاد هذا القطاع ناتجة عن أخذ متوسط كل بعدين متقابلين في القاعدتين المتوازيتين ١٢ ، ٣٣ .

وتسمى هذه الطريقة بطريقة المنشور المجسم أو الطريقة الدقيقة مع ملاحظة أن م لا تساوي إطلاقاً متوسط المساحتين ١٢ ، ٣٣ .

٩- حجم متوازي المستطيلات الناقص.

وهو جسم مقطعه العمودي على أحرفه الموازية عبارة عن مثلث أو مستطيل أو مربع وارتفاعات أحرفه مختلفة.

الحجم = مساحة المقطع العمودي \times متوسط أطوال الأحرف.

(٧٣)

$$\text{المتوازي الناقص الرباعي} = م \left(\frac{١٤ + ٢٤ + ٣٤ + ٤٤}{٤} \right)$$

حيث ١٤ ، ٢٤ ، ٣٤ ، ٤٤ هي ارتفاعات الأحرف.

وفي حالة متوازي المستطيلات المثلثي الناقص نجد أن الحجم.

(٧٤)

$$\text{المتوازي الناقص الثلاثي} = \frac{٢}{٣} (١٤ + ٢٤ + ٣٤)$$

أمثلة ٢،

مثال (١)،

أوجد حجم خزان أرضي محفور في أرض مستوية منسوبها (٢٣٠٠ و ٢٣) حتى

منسوب (١١ر٠٠) إذا كان السطح العلوي مستطيل الشكل أبعاده ٥٠ x ٢٠ متراً والقاع ٣٣ x ٢ متراً.

الحجم بطريقة المنشور المجسم:

$$٢م \cdot ١٠٠٠ = ٢٠ \times ٥٠ = ١٢$$

$$٢م \cdot ٩٩ = ٣٣ \times ٣ = ٣٣$$

$$= ٢ \cdot \left(\frac{٣٣ + ٥٠}{٢} \right) \cdot \left(\frac{٢ + ٢٠}{٢} \right)$$

$$٢م \cdot ١٩٠٩ = ١١٥٥ \times ٤١٥ \times ٤ = ٤$$

$$\text{الحجم} = \frac{١١٠٠٠ - ٢٣٠٠}{٦} = (١٩٠٩ + ٩٩ + ١٠٠٠) \cdot ٣م \cdot ٦ \cdot ١٦$$

$$\text{الحجم بطريقة متوسط القاعدتين} = \frac{٩٩ + ١٠}{٢} \times ١٢ \times ٢م \cdot ٦٥٩٤$$

والفرق بين الحجمين قدره حوالي ١٧٪ وهو يقل كثيراً لو تقاربت المساحتين أى يقل هذا الفرق عندما تقترب مساحة السطح العلوي من مساحة السطح السفلي.

مثال (٢):

احسب كمية الأتربة المكونة على هيئة كوم قاعدته شبه منحرف طول قاعدتيه ٣٠ ، ٢٠ متراً وارتفاعه ١٠ متر ويكون وجه الكومة العلوي شبه منحرف أبعاده ١٠ ، ٥٠ ، ٦٠ متراً على التوالي علماً بأن ارتفاع الكومة هو ١٢ م.

الحل:

الطريقة الأولى: طريقة متوسط القاعدتين:

$$V_M 20 = 10 \times \frac{20 + 30}{2} = 12$$

$$V_M 40 = 6 \times \left(\frac{0 + 10}{2} \right) = 12$$

$$(V_M 20 + V_M 40) \frac{8}{2} = \text{الحجم}$$

$$(20 + 40) \frac{12}{2} =$$

$$360 =$$

الطريقة الثانية: طريقة المنشور المجسم:

$$V_M 120 = \frac{1}{2} \times \left[\frac{6 + 10}{2} \right] \left[\frac{0 + 20}{2} + \frac{10 + 30}{2} \right] = 360$$

$$\frac{0 + 20}{2} \cdot \frac{10 + 30}{2} \quad \text{حيث } M \text{ هو شكل شبه منحرف قاعدته}$$

$$\frac{6 + 10}{2} \text{ وارتفاعه هو}$$

$$(M 40 + V_M 20 + V_M 40) \cdot \frac{8}{2} = \text{الحجم}$$

$$3 \text{ م } 1630 = (130 \times 4 + 40 + 20) \frac{12}{6} =$$

لاحظ الفرق بين الحجم بالطريقتين .

طريقة التقسيم إلى منشورات ناقصة،

هناك بعض الحالات يكون من المناسب فيها تقسيم الجسم إلى عدد من المنشورات الناقصة وليست من الضروري أن تكون متساوية المساحة كما في الحالة الموضحة بالمثال التالي:

مثال :

على قطعة أرض تتحدر في اتجاه واحد انحدار قدره ١:١٥ كما هو مبين في شكل (١٢٩) يراد حفر خزان قاعه أفقى منسوبه (+ ١٠.٠) وأبعاد القاع ١٥ × ١٠ متر . فإذا علم أن الميول الجانبية للحفر ستكون ٣ : ٢ فاحسب كميات الحفر الناتجة لإنشاء هذا الخزان. احسب أيضاً كمية المياه القصى التى يمكن تخزينها به.

الحل:

من شكل (١٢٩) يتضح أن الجسم الناتج هنا بالرغم من أنه محدد بمستويات إلا أنه ليس منشوراً مجسماً لأنه لا يوجد فيه مستويان متوازيان. وبحسب الحجم كأنه مكون من المنشورات الرئيسية الناقصة (الظاهرة فى المستوى الأفقى) أ ب ج د ، أ ب هـ و ، د ج ن ل ، أ د ل و ، ب ج ن هـ . وعليه تجرى عملية حساب أبعاد هذا المجسم اللازمة لحساب الحجم بالاستعانة بشكل (١٢٩) كما يلى:

الارتفاع ط ز = فرق المنسوبين = ٨ م.

$$\therefore \frac{2}{3} = \frac{(18 + ص)}{15 ص}$$

ومنها : ص = ٧٢٧.٠ متر

أى أن : ١٥ ص = ١٠.٩١ متر

الارتفاع ق م = ٨.٠٠ ر + ١٥.٠ × ١٨ م

$$\frac{1}{15} = \frac{(ص + ٨)}{١٥ ص} \quad \therefore$$

ومنها : ص = ٢.٠٠ متر

أى أن : ١٥ ص = ٣.٠٠ متر

وعلى هذا فإن حجم المنشور أ ب ج د = القاعدة أ ب ج د × الارتفاع المتوسط.

$$\frac{١٨ + ١٨ + ٨ + ٨}{٤} \times ١٠.٠ \times ١٥.٠ =$$
$$٣٠٩٥.٠٠ م$$

حجم المنشور أ ب ج د = مساحة أ ب ج د × الارتفاع المتوسط.

$$\frac{٨ + ٨ + صفر + صفر}{٤} \times ١٠.٩١ \times ١٠.٩١ =$$
$$٣٤٨٤.١١ م$$

حجم المنشور د ج ن ل = مساحة د ج ن ل × الارتفاع المتوسط

$$\frac{١٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٤} \times ٣.٠ \times ١٣.٠ =$$
$$٣٥١.٠٠ م$$

حجم المنشور أ د ل و = مساحة أ د ل و X الارتفاع المتوسط.

$$\left\{ \frac{2(10.91)}{2} - \frac{2(30)}{2} - (10.91 + 30 + 150) \frac{30 + 10.91}{2} \right\} =$$

$$2م 22.71, 0.8 = \left(\frac{\text{صفر} + \text{صفر} + 18 + 8}{2} \right) X$$

حجم المنشور ب ج ن ه = حجم المنشور أ د ل و = 2م 22.71, 0.8

∴ حجم الأتربة الكلى ناتج الحفر = 2م 279.82, 27

عند امتلاء الخزان بالماء فإن ارتفاع الماء سيكون مساوياً (8-س) متر .

أى أن : ع = 7, 73 متر

وفى هذه الحالة يمكن إيجاد حجم الماء على أنه حجم المنشور المجسم الذى قاعدته السفلى مستطيل 150 X 100 وقاعدته العليا مستطيل أبعاده (150.00 + 10.91 X 2) ، وقاعدته المتوسطة مستطيل أبعاده (150.00 + 10.91) ، (10.91 + 100.00) . وبذا يكون حجم الماء .

$$\frac{ع}{6} [س 1 + س 2 + س 3 + س 4]$$

حيث :

$$س 1 = 150 \times 100 = 15000م 2$$

$$س 2 = 171.82 \times 121.82 = 2م 20.93, 11$$

$$س 3 = 160.91 \times 110.91 = 3م 178.46, 5$$

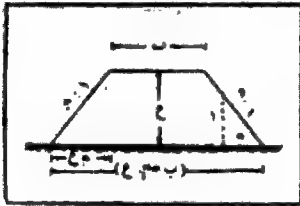
ثانياً: المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية:

تعتبر القطاعات الطولية والعرضية من المعلومات الضرورية لدراسة الكميات في المشاريع الممتدة على طول محور مثل أعمال الترع والطرق والمصارف ، وتعتمد على تشكيل قطاعات طولية وعرضية بعد توقيع خط المشروع ، ومن هذه القطاعات يمكن تحديد مناطق الحفر والردم.

ولتعيين أية مكعبات في أى منطقة تقسم على عدة أجزاء كل منها محصور بين قطاعين عرضيين مع اعتبار أن الأرض منتظمة الميل في هذه المنطقة ، وبحسب كل جزء على حدة باعتباره منشور مجسم.

وفي حالة الجسور والطرق تحسب القطاعات العرضية حسب ميل الجوانب ويكون ارتفاع المنشور هو المسافة بين كل قطاعين - والقطاعين هما القاعدتين م ، ٢م .

فإذا كان لدينا طريق بعرض ب متر مثلاً وميول جوانبه ١ : ن (أى ١ رأسى ن أفقى) وارتفاعه هـ متر فيمكن حساب أبعاد القطاع كما في شكل (١٣٠) ، وبذلك تكون مساحة القطاع مساوية:



شكل رقم (١٣٠)

(٧٥)

$$م = (ب + ٢ن) \cdot هـ$$

فإذا فرض أن عرض الطريق ١٢ متر مثلاً وأن الميول الجانبية لقطاع ٢ : ٣ وأن ارتفاع الحفر في القطاع هو ٥ متر فإن $ن = \frac{٣}{٢}$ وتكون مساحة القطاع هي:

$$\text{مساحة القطاع} = (12 + 5 \times \frac{2}{3}) \times 5 = 97.5 \text{ م}^2$$

ولحساب مكعبات الحفر والردم يتبع الآتى:

١- نرسم القطاع الطولى وتحسب ارتفاعات الحفر والردم عند النقط.

٢- نرسم القطاعات العرضية فى النقط المختلفة.

٣- نعين أماكن انفصال الحفر عن الردم.

٤- نعين حجم كل من الحفر والردم على حدة.

ويلاحظ فى حساب مكعبات الأتربة أن حجم التراب يزيد عند الحفر نظراً لتفككه وأن كمية التراب المستعملة فى الردم تقل بعد عملية الردم.

ولذا يؤخذ فى الاعتبار أن:

كمية الأتربة المحفورة = ١.٢ من المحسوب للحفر.

كمية الأتربة اللازمة للردم = ١.١٠ من الحجم المحسوب للردم.

بعض المعادلات المتبعة فى حساب القطاعات العرضية:

فى كل الحالات سنستعمل الرموز التالية (شكل (١٣١) :

ب = عرض الإنشاء وهو عرض القاع فى حالة الحفر وعرض الجسر فى حالة الردم.

١ : ن = الميل الجانبي للقطاع (١ رأسى ، ن أفقى).

١ : م = انحدار الأرض فى الاتجاه العرضى العمودى على محور المشروع.

ع = ارتفاع الحفر أو الردم عند المحور.

ل ، ل_١ = المسافتان الأفقيتان بين المحور ونقطتى تقاطع الميل الجانبي مع سطح الأرض الطبيعى وتسميان بعرض القطاع.

ع ١٠ ع ٢ = تسميان ارتفاع الحفر وهما الفرق بين منسوب الإنشاء وكل من تقطعت تقاطع سطح الأرض مع الميل الجانبية.

ملحوظة : عند ذكر الميل كنسبة فإن هذه النسبة تعني ظل زاوية الميل (مثل ١ : ١ ن أو ١ : م) وعليه فإن الرقم الأول دائماً يكون الرأسى والرقم الثانى هو الأفقى.

الحالة الأولى: سطح الأرض الطبيعى والإنشاء (قاع حفرة أو سطح جسر) افقيان،

(٧٦)

المساحة = ع (ب + ن ع)

الحالة الثانية : سطح الأرض الطبيعى (فى جسر أو ترعة) مائل فى الاتجاه العرضى،

$$\text{فى المثلث ك ط س : } \frac{\text{س ط}}{\text{ط ك}} = \frac{\text{ن}}{١}$$

$$\text{ط ك} = \frac{\text{ب}}{\text{ن}}$$

المساحة = Δ ك ه ج + Δ ج و ك - Δ س ص ك

$$= \left\{ \frac{١}{٢} (\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{ن}}) + \frac{١}{٢} (\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{ن}}) - \frac{١}{٢} \frac{\text{ب}}{\text{ن}} \right\}$$

$$(٧٧) \quad \boxed{\text{المساحة} = \frac{1}{4} \{ (ل_١ + ل_٢) (ع + \frac{ب}{2}) - \frac{ب^2}{4} \}}$$

هذه المعادلة صحيحة سواء أكان المبل العرضى (١ : م) انحدار واحد أو انحدارين (١ : م ، ١ : ط) كما فى الشكل .

أما إذا علم ١ع ، ٢ع .

المساحة = Δ وط ص + Δ هس ط + Δ جوط + Δ هج ط

$$= \frac{1}{4} (\frac{1}{4} ب ع + \frac{1}{4} ب ع + ل_١ ع + ل_٢ ع)$$

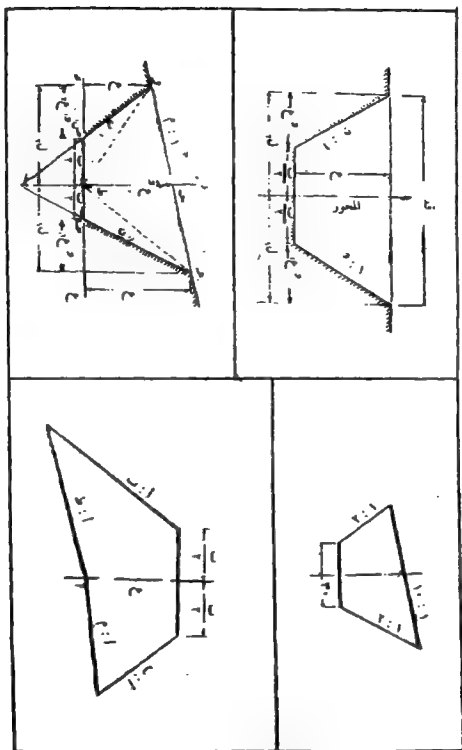
ومنها :

$$(٧٨) \quad \boxed{\text{المساحة} = \frac{1}{4} \{ (ل_١ + ل_٢) ع + (٢ع + ١ع) ب \}}$$

وهناك معادلتان أخريان الأولى (٧٩) بدلالة ل١ ، ل٢ والثانية (٨٠) بدلالة الارتفاعات فقط.

$$(٧٩) \quad \boxed{\text{المساحة} = \frac{ل_١ (\frac{ب}{2}) - ل_٢ (\frac{ب}{2})}{ن}}$$

$$(٨٠) \quad \boxed{\text{المساحة} = ن ع ١ع + \frac{1}{2} ب (٢ع + ١ع)}$$



شكل رقم (١٣)

ويمكن إيجاد قيم ل، ب، ع، ب بدلالة عرض الإنشاء والميل والارتفاع
والارتفاع عند المحور وهذه القيم تربطها العلاقات الآتية:

(٨١)

$$\frac{f}{n-m} \left(\frac{b}{m^2} + e \right) + b \frac{1}{v} = l$$

$$\frac{f}{n-m} \left(\frac{1}{v} + b + e \right) =$$

$$\frac{f}{n+m} \left(\frac{b}{m^2} - e \right) + b \frac{1}{v} = l$$

$$\frac{f}{n+m} \left(\frac{1}{v} + b + e \right) =$$

(٨٢)

$$\left(\frac{f}{n-m} \right) \left(\frac{b}{m^2} + e \right) = l$$

$$\left(\frac{f}{n+m} \right) \left(\frac{b}{m^2} - e \right) = l$$

(٨٣)

$$\frac{l}{m} + e = l$$

$$\frac{l}{m} - e = l$$

وفي المعادلة الثانية المساحة بدون معرفة ل_١ ، ل_٢ ، ع_١ ، ع_٢ .

$$(٨٤) \quad \frac{\frac{2N}{2M}}{\frac{2N}{2M} - 1} + (ب \cdot ع + ن \cdot ع) = \text{المساحة}$$

مثال،

يراد إنشاء جسر على أرض تميل في الاتجاه العرضي بمقدار ١ : ١٠ ، فإذا كان ارتفاع الجسر عند المحور = ١٠ م . وعرض الجسر = ٣٠ م ، والميل الجانبية ١ : ٢

أوجد عرض الجسر ل_١ ، ل_٢ ومساحة القطاع.

الحل ،

$$ل_1 = \frac{2 \times 10}{2 - 1} \cdot \left(\frac{30}{2} + 10 \right) + \frac{30}{2} = ٤٣,٧٥ \text{ م}$$

$$ل_2 = \frac{20}{12} (1,5 - 1) + 10 = ٢٩,١٧ \text{ م}$$

$$\text{المساحة} = \frac{2(30)}{2} - \left(\frac{30}{2} + 10 \right) (٢٩,١٧ + ٤٣,٧٥) \frac{1}{4} = ٢٠٥٠,٥ \text{ م}^2$$

الحالة الثالثة، سطح الأرض الطبيعي عبارة عن انحدارين

قد يكون انحدار الأرض عبارة عن انحدارين ١ : ١ ، ١ : ١ ط كما في شكل (١٣١) والمعادلات السابقة كما هي ولا تتغير إلا بوضع ط بدلاً من م عند إيجاد ل_١ ، ل_٢ بهذا تتغير معادلة المساحة (٨٤) لأنها تستعمل لميل واحد فقط وتستعمل بدلاً منها المعادلة (٧٧) ، كما أن هناك معادلة يمكن استعمالها وهي:

$$(٨٥) \quad \frac{2ب}{2} - \left(\frac{ب}{2} + ع \right) \left(\frac{ل_1 + ل_2}{2} \right) = \text{المساحة}$$

$$(86) \quad \begin{aligned} & \left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} - \text{ن}} \right) \left(\frac{\text{ب}}{\text{ط}^2} + \text{ع} \right) = ١٤ \\ & \left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} + \text{م}} \right) \left(\frac{\text{ب}}{\text{م}^2} + \text{ع} \right) = ٢٤ \end{aligned}$$

$$(87) \quad \begin{aligned} & \left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} - \text{ن}} \right) \left(\frac{\text{ب}}{٢} + \text{ن ع} \right) = ١\text{ل} \\ & \left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} + \text{م}} \right) \left(\frac{\text{ب}}{٢} + \text{ن ع} \right) = ٢\text{ل} \end{aligned}$$

وإذا وقع أ ج بعيداً عن المحور فإن :

$$(88) \quad \left(\frac{\text{م}}{\text{ن} - \text{م}} \right) \left(\frac{\text{ب}}{٢} + \text{ن ع} \right) = ٣\text{ل}$$

الحالة الرابعة ، (المناطق التالية) :

شكل (١٣٢)

$$(89) \quad \frac{\text{ل . ك}}{\text{ن}^2} = \text{الحفر}$$

(٩٠)

$$\frac{\text{هـ ر}}{\text{ن}^2} = \text{الردم}$$

$$(91) \quad \begin{aligned} & \frac{1}{٧} = \left(\frac{\text{ب}}{\text{ن}^2} - \text{ع} \right) \left(\text{ل} - \text{ع م} \right) - \\ & \left(\frac{\text{ب}}{\text{ن}^2} - \text{ع} \right) \left(\text{ع م} - \text{ل} \right) \end{aligned}$$

$$\text{بمعلومية } ١٤ \text{ ع} \cdot ١٤ \text{ م} = ١٤ \left(١٤ \text{ م} - \frac{\text{ب}}{٢} \right) \frac{١}{٢}$$

$$\text{الردم أ د ج} = \frac{١}{٢} \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢} \right) (١٤ \text{ م} + ١٤ \text{ ع})$$

(٩٢)

$$\left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢} \right) \frac{\text{ب}}{٢}$$

$$\text{بمعلومية } ١٤ \text{ ع} \cdot ١٤ \text{ م} = ١٤ \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢} \right) \frac{١}{٢}$$

$$\frac{\text{م}}{\text{ن} - \text{م}} \left(\frac{\text{ب}}{\text{م}} + \text{ع} \right) + \frac{\text{ب}}{\text{م}} = ١٤$$

$$\left(\frac{\text{م}}{\text{ن} - \text{م}} \right) \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{م}} \right) =$$

(٩٣)

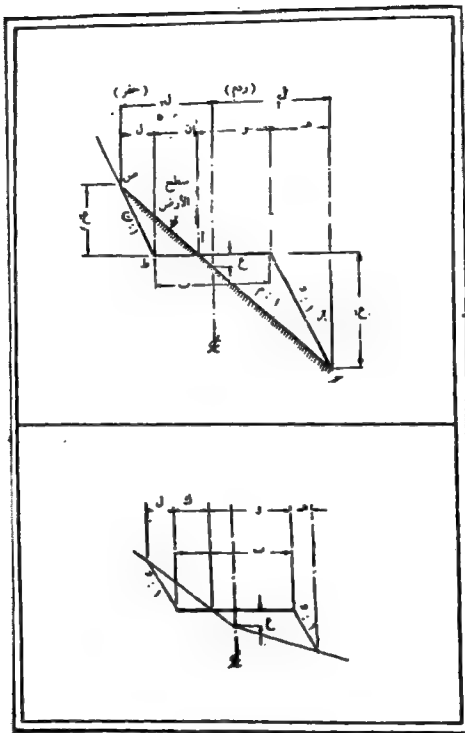
$$\frac{\text{م}}{\text{ن} - \text{م}} \left(\text{ع} - \frac{\text{ب}}{\text{م}} \right) + \frac{\text{ب}}{\text{م}} = ١٤$$

$$\left(\frac{\text{م}}{\text{ن} - \text{م}} \right) \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{م}} \right) =$$

$$\frac{١٤}{\text{م}} + \text{ع} = ١٤$$

(٩٤)

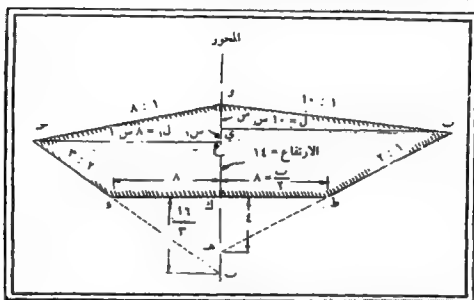
$$\frac{١٤}{\text{م}} - \text{ع} = ١٤$$



شكل رقم (١٣٣)

طريقة عامة لإيجاد المساحة بدون استعمال المعادلات السابقة،

فى كثير من الأحوال لا تكون المعادلات السابقة فى متناول يدنا ونضطر لإيجاد المساحة من المبادئ الأولية. وفيما يلى خطوات تتبع فى أي حالة ، وقد أخذت الحالة العامة التى فيها ميول الجوانب مختلفة والاتحدار العرضى مكون من انحدارين مختلفين كما فى شكل (١٣٣).



شكل رقم (١٣٣)

وسنبين الخطوات بالمثال الموضح فى نفس الشكل (١٣٣) والذي فيه عرض القطاع ب = ١٦ متر وارتفاع الحفر ع = ١٤ متر والميول كما هى مبينة فى الشكل.

١- نمد الجانبين ب ط ، ج د إلى أن يقابلا المحور فى ه ، ن على الترتيب وهما لا يقابلان المحور فى نقطة واحدة لاختلاف الميلين الجانبيين.

٢- نسقط من ب العمود ب ي ، ومن ج العمود ج ع على المحور ونرمز للعمودين ل ، ل١ وللمسافتين و ي ، و ع بالرمزين س ، س١.

٣- ب ي = ل = ١٠ س ، ج ع = ل١ = ٨ س.

٤- المسافة بى = ٢ ى ه لأن الميل الجانبي ١ : ٢ وعليه فإن :

$$١٠ \text{ س} = ٢ (١٤ + ٤ - \text{س}) \text{ لأن ك ه} = ٨ \times \frac{1}{4} = ٤$$

ومنها :

$$\text{س} = ٣ \text{ متر}$$

$$\therefore \text{ل} = ٣ \times ١٠ = ٣٠ \text{ م}$$

مساحة الجزء الأيمن من القطاع (ب ط ك و) Δ ب و ه - Δ ط ك ه .

$$= \frac{1}{4} \times ٣٠ (١٤ + ٤) - \frac{1}{4} \times ٨ \times ٤ = ٢٥٤ \text{ م}^2$$

١- المسافة ل = جمع $\frac{2}{4}$ = (ع ن)

$$= \frac{2}{4} (١٤ - \text{س} + \frac{13}{4})$$

$$\text{س} = ٨$$

$$\therefore \text{س} = ٣٠٥ \text{ م}$$

$$\text{ل} = ٨ \text{ س} = ٢٤٨ \text{ م}$$

مساحة الجزء الأيسر من القطاع = و ك د ج = Δ و ج ن - Δ ك ن د .

$$= \frac{1}{4} \times ٢٤٨ (١٤ + \frac{13}{4}) - \frac{1}{4} \times ٨ \times \frac{13}{4} = ٢١٤,٥ \text{ م}^2$$

$$\text{مساحة القطاع} = ٢٥٤ + ٢١٤,٥ = ٤٦٨,٥ \text{ م}^2$$

بهذه الطريقة يمكن إيجاد مساحة أى قطاع على أن نعالج كل نصف من القطاع على حدة كما سبق شرحه.

مثال،

لحساب مكعبات الحفر والردم من القطاعات:

أخذت المناسيب المبينة على مسافات متساوية كل ١٠٠ متر على محور قطاع طولي للطريق.

مناسيب الأرض الطبيعية هي:

١٥٤٠ ١٧٥٠ ٣٠ ١٧٢٠ ١٨٠٠

ويراد توقيع الطريق بحيث منسوب أوله هو ١٨٠٠ (وميله إلى أسفل ١/٢ % وعرض الطريق ٨ متر وميله الجانبي ٢ : ٣ والمطلوب:

١- ارس قطاعاً طوياً بمقياس رسم مناسب.

٢- احسب ارتفاع الحفر والردم في المسافات المذكورة.

٣- أوجد طول مسافة كل من الحفر والردم مع بيان القطاعات العرضية

٤- أوجد مكعبات الحفر والردم اللازمة.

٥- كمية الأتربة اللازمة لاتمام هذا الطريق.

الحل،

المسافة	صفر	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠
منسوب الأرض	١٥,٤٠	١٧,٥٠	١٦,٣٠	١٧,٢٠	١٨,٠٠
منسوب خط الإنشاء	١٨,٠٠	١٧,٥٠	١٧,٠٠	١٦,٥٠	١٦,٠٠
ارتفاع الحفر				٠,٧٠	٢,٠٠
ارتفاع الردم	٢,٦٠		٠,٧٠		
مساحة القطاعات	٣٠,٩٤	صفر	٦,٢٣	٦,٣٣	٢٢
مكعبات الحفر			صفر		١٤١٦,٦
مكعبات الردم	١٥٤٧	٣١٦,٥	١٥٨,٢		

المقاييس ١ : ٢٥٠٠ أفقى ، ١ : ٥٠ رأسى .

حساب مساحات القطاع:

القطاع صفر : ارتفاعه = ٢ر٦٠ متر

$$\text{المساحة} = \frac{15.80 + 8.0}{2} \times 2ر٦٠ = 2ر٩٤ م$$

القطاع ١٠٠ : ارتفاعه = صفر

المساحة = صفر

القطاع ٢٠٠ : ارتفاعه = ٠ر٧٠ متراً

$$\text{المساحة} = \left[\frac{10.1 + 8.0}{2} \right] \times 0.70 = 6ر٣٣ م$$

وهناك قطاع بين قطاع ٢٠٠ ، ٣٠٠ لا يوجد به حفر أو ردم (ويسمى صفر حفر ردم ويوجد بعده عن قطاع ٢٠٠ بالنسبة والتناسب وذلك بمعرفة ارتفاع الردم فى القطاع ٢٠٠ وارتفاع الحفر فى القطاع ٣٠٠ ونلاحظ أنهما متساويان أي أن قطاع صفر حفر ردم يقع فى منتصف المسافة بين القطاعين.

القطاع ٣٠٠ : ارتفاعه = ٠ر٧٠ متر

$$\text{المساحة} = \left[\frac{10.1 + 8.0}{2} \right] \times 0.70 = 6ر٣٣ م$$

القطاعات :

قطاع صفر - قطاع ١٠٠ - قطاع ٢٠٠ .

قطاع بين ٢٠٠ ، ٣٠٠ ويسمى ٢٥٠ (بالنسبة والتناسب).

قطاع ٣٠٠ - قطاع ٤٠٠ .

القطاع صفر : ارتفاعه = ٢٦٠ متراً

$$\text{المساحة} = \frac{١٥٠٠ + ٨٠٠}{٢} \times ٢٦٠ = ٣٠٩٤ \text{ م}^٢$$

القطاع ١٠٠ : ارتفاعه = صفر.

المساحة = صفر.

القطاع ٢٠٠ : ارتفاعه = ٧٠ متراً.

$$\text{المساحة} = \frac{١٠٠٠ + ٨٠٠}{٢} \times ٧٠ = ٦٣٣ \text{ م}^٢$$

القطاع ٤٠٠ : ارتفاعه = ٢٠٠ متراً

$$\text{المساحة} = \frac{١٤٠٠ + ٨٠٠}{٢} \times ٢٢ = ٢٢٢ \text{ م}^٢$$

حساب كميات الحفر والردم :

$$\text{حجم الجزء الأول (ردم)} = \frac{٩}{٢} (١٢ + ١٢)$$

$$= \frac{١٠٠}{٢} (٣٠٩٤ + \text{صفر}) = ١٥٤٧ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الحفر الثاني (ردم)} = \frac{٩}{٢} (١٢ + ١٢)$$

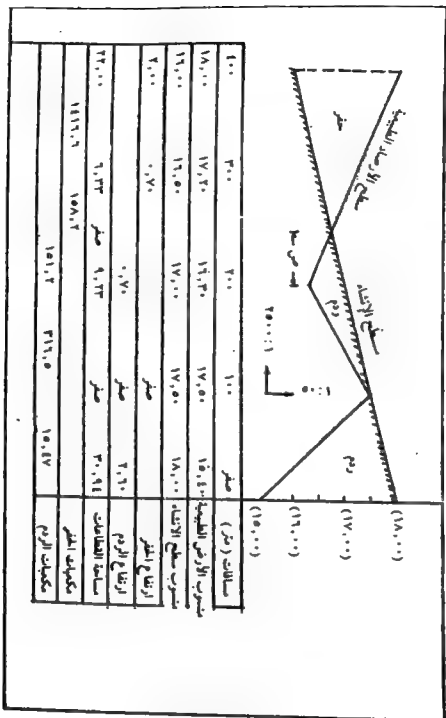
$$= \frac{١٠٠}{٢} (٦٣٣ + \text{صفر}) + ٣١٦,٥ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الجزء الثالث (ردم)} = \frac{٩}{٢} (١٢ + ١٢)$$

$$= \frac{٥٠}{٢} (٦٣٣ + \text{صفر}) = ١٥٨,٢ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الحفر الرابع (حفر)} = \frac{٩}{٢} (١٢ + ١٢)$$

$$= \frac{٥٠}{٢} (٦٣٣ + \text{صفر}) + ١٥٨,٢ \text{ م}^٣$$



شكل رقم (١٢٤)

$$\text{حجم الجزء الخامس (حفر)} = \frac{ع}{٢} = (١٢ + ٢٢) \\ = \frac{١٠٠}{٢} = ٢٠٠ \text{ م} = (٢٢ + ٦, ٣٣) = ١٤١٦,٦$$

$$\text{مجموع مكعبات الردم} = ١٥٨٢ + ٣١٦٥ + ١٥٤٧ \\ = ٣٠٢٠٢١٧$$

$$\text{مجموع مكعبات الحفر} = ١٤١٦,٦ + ١٥٨٢ = ٣٠٢٠٢١٧$$

$$\text{الكمية الناتجة من الحفر} = ١٢ \times ١٥٧٤٨ = ١٨٨٩٧٦ \text{ م}^٣$$

$$\text{الكمية المطلوبة للردم} = ١٢ \times ٢٠٢١٧ = ٢٢٢٣٨٧ \text{ م}^٣$$

$$\text{الكمية اللازم نقلها إلى الموقع لإتمام الطريق} = ٢٢٢٣٨٧ - ١٨٨٩٧٦ \\ = ٣٣٤١١ \text{ م}^٣$$

ثالثاً - حساب المكعبات من مناسيب النقاط.

تستعمل هذه الطريقة عند تسوية الأراضي على منسوب معين وتجرى عمليات حفر أو عمليات ردم أو عمليات حفر وردم في نفس الوقت لإجراء التسوية المطلوبة.

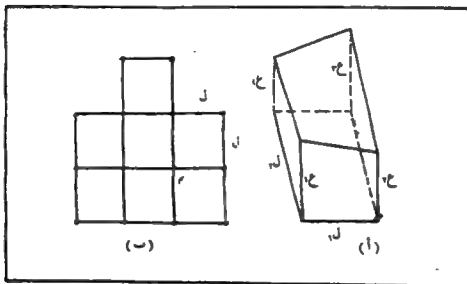
ولحساب مكعبات الحفر أو الردم نحسب فروق الارتفاعات ع١ ع٢ ع٣ ع٤ ع٥ عند أركان كل مستطيل فيكون لدينا متوازي المستطيلات الناقص (شكل ١٣٥). مساحة قاعدته هي مساحة القطعة المستطيلة وبذا يكون الحجم:

(٩٥)

$$ح = \frac{(ع١ + ع٢ + ع٣ + ع٤)}{٢}$$

وإذا كانت مساحة الأرض كبيرة فإنها تقسم إلى مجموعة من المستطيلات أو المربعات على غرار الميزانية الشبكية وتوجد مناسيب أركان المستطيلات أو

المربعات التي قسمت إليها القطعة ، ولو فرض في هذه الحالة أن العملية كلها حفر أو كلها ردم فنعين أولاً ارتفاع كل ركن من أركان المستطيلات عن منسوب المستوى المطلوب التسوية عليه ويكون الحجم الكلي للحفر أو الردم في هذه الحالة على ضوء المعادلة (٩٥) مساوياً :



شكل رقم (١٢٥)

(٩٦)

$$ح = \frac{ل^2}{٤} (١ع + ٢ع^٢ + ٣ع^٣ + ٤ع^٤ + \dots)$$

حيث م مساحة المستطيل أو المربع الواحد.

١ع = مجموع ارتفاع الحفر أو الردم المشتركة في جزء واحد.

٢ع = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في جزئين (أي التي تكرر في الحساب مرتين).

ع٣ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في ثلاث أجزاء (أى تكرير في الحساب ثلاث مرات).

ع٤ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة في أربع أجزاء وهكذا.

أما إذا كانت المساحة مقسمة إلى مثلثات متساوية في المساحة فيكون الحجم الناتج عند التسوية هو:

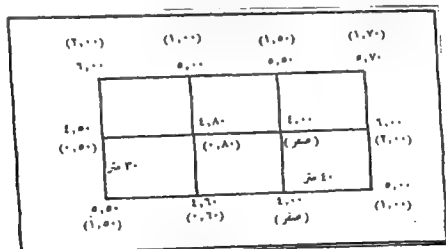
(٩٧)

$$ح = \frac{م}{٣} (ع١ + ع٢ + ع٣ + \dots)$$

مثال،

قطعة أرض طولها ١٢٠ متراً وعرضها ٦٠ متراً شكل (١٣٦) عملت لها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مستطيلات متساوية وعينت مناسيب الأركان لكل من المستطيلات ، والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤٠٠).

في شكل (١٣٦) يبين مناسيب الأركان وبين أيضاً ارتفاعات الحفر اللازم



شكل رقم (١٣٦)

عندها (الأرقام بين الأقواس) . ولحساب الحجم لمكعبات الرزم تلاحظ أن الارتفاعات تتكرر إما مرة واحدة أو مرتين أو أربعة مرات عند الحساب وبذا فإن:

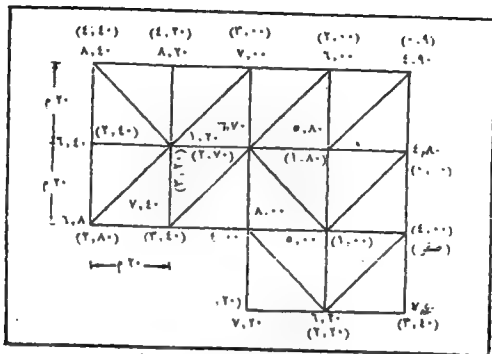
١ع	٢ع	٣ع	٤ع
١,٧٠	١,٥٠	—	صفر
٢,٠٠	١,٠٠	—	٠,٨٠
١,٠٠	٠,٥٠	—	—
١,٥٠	٠,٦٠	—	—
صفر			
٢,٠٠			
٦,٢٠	٥,٦٠	صفر	٠,٨٠

$$\text{ويكون الحجم ح} = \frac{1}{4} (١ع + ٢ع٢ + ٣ع٣ + ٤ع٤) = \frac{١٢٠}{4} = ٣٠٦٨ \text{ م}^3$$

أحياناً تكون طبيعة سطح الأرض داخل المستطيل أو المربع الواحد متغيرة بحيث لا يمكن اعتبار أن نقط الأركان تقع على سطح مستوى واحد ، لذلك وللحصول على نتائج أدق تقسم الأرض إلى مثلثات وذلك بتوصيل أقطار المربعات أو المستطيلات المقسمة إليها القطعة . ويجب علينا أن نختار القطر المطابق لسطح الأرض أكثر من غيره - وبحسب كل قسم على حدة باعتبار أنه متوازي مستطيلات مثلثى ناقص.

مثال:

قطعة أرض مبنية في شكل (١٣٧) عينت مناسب أركانها ووصلت الأقطار المطابقة لسطح الأرض والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤٠٠) .



شكل رقم (١٧)

الحل :

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
٢,٧٠	١,٠٠	١,٨٠	٤,٠٠	٢,٠٠	٠,٩	٣,٤٠
٣,٣٠			٢,٢٠	٣,٠٠	٤,٢	٣,٢٠
				٠,٨٠	٤,٤	
				صفر	٢,٤	
				٣,٤٠	٢,٨	
٥,٩٠	١,٠٠	١,٨٠	٦,٢٠	٩,٢٠	١٤,٧	٦,٦٠

$$\frac{f}{T} = (١ع + ٢ع٢ + ٣ع٣ + ٤ع٤ + ٥ع٥ + ٦ع٦ + ٧ع٧) \cdot (٧ع٧)$$

$$\text{حيث م هي مساحة المثلث} = \frac{٢٠ \times ٢٠}{٣} = ٢٠٠ \text{ متر مربع}$$

$$\frac{٢٠٠}{٣} \times (٦,٦٠ + ١٤,٧ \times ٢ + ٩,٢٠ \times ٤ + ٥,٩٠ \times ٧ + ١,٠٠ \times ٦ + ١,٨٠ \times ٥ + ٦,٢٠)$$

$$= \frac{٢٠٠}{٣} \times (٢٤,٨٠ + ٢٧,٦٠ + ٢٩,٤٠ + ٦,٦٠ + ٤١,٣٠ + ٦,٠٠ + ٩,٠٠ +$$

$$١٤٤,٧٠) = ٩٦٤٦,٦٦ \text{ متر مكعب}$$

حالة بعض الكميات حفر وبعضها ردم (طريقة صفر - حفر - ردم):

وإذا كانت المنطقة المطلوبة تسويتها بها جزء حفر وآخر ردم فيجب أولاً أن نعين الحد الفاصل بين الردم والحفر أي يجب أن نحسب خط الكونتور الذي منسوبه يساوي منسوب التسوية .

مثال:

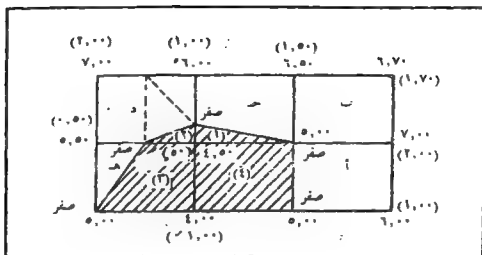
قطعة أرض طولها ١٢٠ متراً وعرضها ٦٠ متراً عملت لها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى ستة مستطيلات ٤٠ × ٣٠ وعينت مناسيب أركانها شكل (١٣٨).

والمطلوب هو تسوية هذه القطعة على منسوب (٥,٠٠) وإيجاد كميات الحفر والردم اللازمة.

قبل البدء في حساب الحجم حددت نقط صفر حفر ردم بالنسبة والتناسب كما في شكل (١٣٨) وعلى ذلك يكون حجم الردم هو:

$$ح = ١ح + ٢ح + ٣ح + ٤ح$$

$$١ح = \frac{٤٠ \times ١٠}{٣} \times \frac{١}{٣} \times \frac{١}{٣} = ٢,٣٣,٣$$



شكل رقم (١٣٨)

$$r_p 16.7 = \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{2 \times 1}{2} = 2C$$

$$r_p 337.5 = \frac{2 \times 2 \times 6}{8 \times 2} = \left(\frac{1 + 0 + 0 + 0}{2} \right) 3 \times \left(\frac{4 + 2}{2} \right) = 2C$$

$$r_p 450 = \frac{(1 + 0 + 0 + 0) 4 \times 3}{2} = 4C$$

$$r_p 837.5 = 450 + 337.5 + 16.7 + 33.3 = \text{حجم الردم}$$

$$\text{حجم الحفر} = C + 2C + 4C + 2C = 8C$$

$$\frac{(1 + 0 + 0 + 0) 4 \times 3}{4} = 4C$$

$$r_p 900 =$$

$$ح ب = ٤٠ \times ٣٠ = \left[\frac{١,٥ + ١,٧ + ٢}{٤} \right] ١٥٦٠ = ٢م$$

$$ج ح = \left(\frac{٢٠ \times ٣٠}{٢} \right) \times ٤٠ = \left(\frac{١,٠ \times ١,٥}{٤} + \text{صفر} + \text{صفر} \right) ٦٢٥ = ٢م$$

$$د ح = \frac{٢٠ \times ٣٠}{٤} = (\text{صفر} + ٠,٥ + ٠,٥ + ٢,٠ + ١,٥)$$

$$+ \frac{٢٠ \times ٣٠}{٣ \times ٢} (\text{صفر} + \text{صفر} + ١,٥)$$

$$ه ح = \frac{٢٠ \times ٢٠}{٣ \times ٢} (\text{صفر} + ١,٠٠ + ١,٥)$$

$$= ٣٥٠ = \left[\frac{٣٠ \times ٢٠}{٢} \right] \left[\frac{٠,٥ + \text{صفر} + \text{صفر}}{٣} \right]$$

$$\text{حجم الحفر} = ح ا + ح ب + ح ج + ح د + ح ه$$

$$= ٩٠٠ + ١٥٦٠ + ٦٢٥ + ٩١٦,٧ + ٥٠ =$$

$$= ٣٤٠٥١,٧م$$

(يلاحظ هنا أنه عند حساب الحجم عند (د) قسمت المساحة إلى مجموعة من المستطيلات والمثلثات وعينت ارتفاعات الأحرف العمودية عندها بالنسبة والتناسب ومعلومية ارتفاعات الأحرف الأخرى على الخطوط الأصلية).

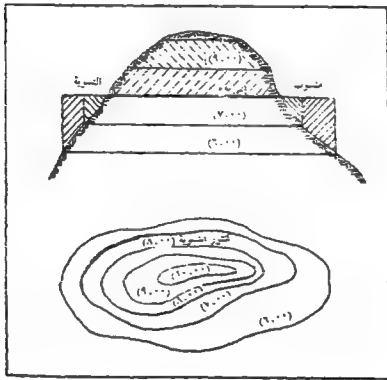
وغالباً ما تكون حدود الأرض غير منتظمة وتكون الأجزاء المتطرفة في هذه الأحوال مثلثات أو أشباه منحرفات ولذا تحسب حجوم هذه الأجزاء منفردة ونضيفها إلى الحجوم الناتجة من المستطيلات أو المربعات المتشابهة لنحصل على الحجم الكلي.

رابعاً - حساب المكعبات من خطوط الكنتور:

هذه الطريقة تستعمل في إيجاد سعة الخزانات وكميات الأتربة اللازمة للردم أو الحفر. ويتم حساب الكميات اللازمة لتسوية قطعة من الأرض مباشرة من الخريطة الكنتورية للمنطقة التي تقع الأرض في نطاقها وشكل (١٣٩) يبين قطعة أرض موضع خطوط كنتورها ويراد تسويتها على منسوب ٨٠٠ فيكون في هذه الحالة كونتور ٨٠٠ هو الخط الفاصل بين الحفر والردم وتكون المساحة التي بمنسوب أعلى من ٨٠٠ حفر والمساحة ذات المنسوب أقل من ٨٠٠ ردم.

ولإيجاد مكعبات الحفر والردم في هذا المثال يجري الآتي:

- ١- تحسب المساحة المحصورة داخل كونتور (١٠٠٠) وداخل كونتور (٩٠٠) وداخل كونتور (٨٠٠) بالليتمتر ويكون حجم الحفر مساوياً:



شكل رقم (١٣٩)

$$ح ٩-١٠ = \frac{\text{مساحة كونتور (١٠.٠٠) + مساحة كونتور (٩.٠٠)}}{٢} \times \text{الفترة الكونتورية}$$

وهذا المقدار الذى يجب حفره حتى نصل إلى كونتور (٩.٠٠).

$$ح ٨-٩ = \frac{\text{مساحة كونتور (٩.٠٠) + مساحة كونتور (٨.٠٠)}}{٢} \times \text{الفترة الكونتورية}$$

ويكون مجموع الحفر = ح ٩-١٠ + ح ٨-٩

وتنص المواصفات على استخدام طريقة الهرم الناقص إذا كانت مساحة الكنتور أكبر من ضعف الكنتور الذى يليه.

٣- لحساب الردم تحسب المساحة داخل الكنتور (٧.٠٠) ونطرح منها مساحة (٨.٠٠) ينتج مساحة الردم وتضرب هذه المساحة فى متوسط الارتفاع حتى منسوب التسوية (٨.٠٠) أى فى $\frac{\text{صفر} + ١}{٢}$ ينتج الردم اللازم ما بين كونتورى (٧.٠٠ ، ٨.٠٠) ثم تحسب المساحة داخل الكونتور (٦.٠٠) ونطرح منها مساحة (٧.٠٠) وينتج مساحة الردم ونضربها فى متوسط الارتفاع عن منسوب التسوية $\frac{٢+١}{٢}$ ينتج مقدار الردم اللازم حتى نصل من منسوب ٧ إلى ٦ ويكون مجموع الردم = ح ٨-٧ + ح ٧-٦.

٤- فى هذه الحالة نحصل على أرض مستوية منسوبها ٨.٠٠ وسعة خط كونتور (٦.٠٠) وجوانبها رأسية.

٥- إذا أريد الحصول على أرض مستوية منسوب (٨.٠٠) ويميلها الطبيعى فلا داعى للردم وإنما نحصل على أرض مستوية وسعة خط كونتور (٨.٠٠) بعد إتمام الحفر فقط.

مثال (١)،

قدرت المساحة داخل كل خط كونتور بالبلايتمتر فى هضبة فكانت كما يلى:

كونتور ١٥ = ٢م ٢٠٠ ، كونتور ١٤ = ٢م ٣٠٠ ، كونتور ١٣ = ٢م ٤٠٠

كونتور ١٢ = ٢م ٤٨٠ ، كونتور ١١ = ٢م ٧٢٠ ، كونتور ١٠ = ٢م ٨٠٠

والمطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٢ر٠٠) ، أوجد كمية الردم والحفر اللازم لإتمام التسوية.

الحل ،

كمية الحفر = ح ١٥ - ١٤ + ح ١٣ - ١٤ + ح ١٢ - ١٣

$$١ \times \left(\frac{٣٠٠ + ٤٠٠}{٢} \right) + ١ \times \left(\frac{٣٠٠ + ٢٠٠}{٢} \right) =$$

$$١ \times \left(\frac{٤٠٠ + ٤٨٠}{٢} \right) +$$

$$٢م ١٠٤٠ = ٤٤٠ + ٣٥٠ + ٢٥٠ =$$

كمية الردم = ح من ١٢ إلى ١١ + ح من ١١ إلى ١٠

$$(٢ + ١) \times \frac{٧٢٠ - ٨٠٠}{٢} + (١٠٠٠ + صفر) \times \frac{٤٨٠ + ٧٢٠}{٢} =$$

$$٢م ٢٤٠ = ١٢٠ + ١٢٠ =$$

مثال (٢)،

قدرت المساحة داخل كل كونتور في هضبة بجهاز البلاييمتر فكانت :

$$\begin{aligned} \text{كونتور } ٢٦ = ٨٠ \text{ م} & \quad \text{كونتور } ٢٤ = ١٣٠ \text{ م} & \quad \text{كونتور } ٢٢ = ١٦٠ \text{ م} \\ \text{كونتور } ٢٠ = ٢١٠ \text{ م} & \quad \text{كونتور } ١٨ = ٢٥٠ \text{ م} & \quad \text{كونتور } ١٦ = ٣٠٠ \text{ م} \\ \text{كونتور } ١٤ = ٣٢٠ \text{ م} & \quad \text{كونتور } ١٢ = ٤٠٠ \text{ م} \end{aligned}$$

فإذا كان المطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٩.٠) فأوجد مقدار كلا من الحفر والردم اللازمين لهذه التسوية.

الحل،

المساحة داخل كونتور ١٩ = متوسط المساحين داخل ٢٠ ، ١٨

$$\text{م} ٢٣. = \frac{٢٥٠ + ٢١٠}{٢} =$$

كمية الحفر = ح ٢٦ - ح ٢٤ - ح ٢٢ + ح ٢٠ - ح ٢٢

$$\text{كمية الحفر} = \left(\frac{١٣٠ + ٨٠}{٢} \right) + ٢ \times \left(\frac{٢١٠ + ١٦٠}{٢} \right) + ٢ \times \left(\frac{٣٢٠ + ٢١٠}{٢} \right) + ٢٢٠ - ٣٧٠ - ٢٩٠ + ٢١٠ =$$

$$\begin{aligned} & ٢٢٠ + ٣٧٠ + ٢٩٠ + ٢١٠ = \\ & ١٠٩٠ \text{ متر مكعب} \end{aligned}$$

$$\text{كمية الردم} = 18-19 \text{ ح} + 18 \text{ ح} + 16-17 \text{ ح} + 14-15 \text{ ح} + 12-13 \text{ ح}$$

$$= (250 - 300) + \left(\frac{1+0}{2} \right) (230 - 280) =$$

$$+ \left(\frac{0+1}{2} \right) (320 - 400) + \left(\frac{1+2}{2} \right) (230 - 220) +$$

$$6 \times 80 + 4 \times 20 + 2 \times 80 + \frac{1}{2} \times 20 =$$

$$= 670 \text{ متر مكعب}$$

مكعبات الأتربة في المنحنيات

تؤخذ القطاعات العرضية في المنحنيات في اتجاه قطري (عمودي على المماس) وبذا لا يمكن تطبيق قاعدة المنشور المجسم أو متوسط القاعدتين لإيجاد الحجم بين أى قطاعين لأنهما غير متوازيين.

وفي الأحوال العادية التي لا تتطلب دقة كبيرة يهمل تأثير هذا الانحناء ونعتبر أن كل قطاعين قطريين متتاليين متوازيين ، تأثير الانحناء قد يكون كبيراً في المنحنيات الحادة ذات نصف القطر الصغير ويكون التأثير أكبر إذا كانت كمية الحفر أو الردم كبيرة وأيضاً في حالة عدم تماثل القطاع حول المحور. في هذه الحالة لابد من حساب تأثيره.

وتبعاً لنظرية (Pappus) باباس فإن حجم أى جسم ناتج عن تحرك مساحة مستوية حول محور ثابت مسافة ما ، يساوى حاصل ضرب مساحة هذا القطاع في طول مسار مركز ثقلها. ويمكن إيجاد متوسط مساحات القطاعات في مسافة ما واعتبار أن هذا القطاع يمثل القطاعات المختلفة في المسافة ونحسب مركز ثقله ثم تضرب هذه المساحة X مسار مركز الثقل فينتج الحجم.

وتوجد لذلك طريقتان:

الطريقة الأولى:

١- تقسم الجسم إلى عدة قطاعات وتتوقف المسافات بين القطاعات المختلفة على الدقة المطلوبة.

٢- نوقع مراكز ثقل القطاعات المختلفة. ونفرض أنها على أبعاد هـ . . هـ ١ هـ ٢ هـ ٣ ... عن محور الطريق شكل (١٤٠) ثم نوقع هـ . . هـ ١ هـ ٢ هـ ٣ ... على المسقط الأفقي للطريق شكل (١٤٠)

٣- نقيس المسافة ل . ل ١ ، ل ٢ ، ... بين مراكز الثقل المتتالية بأي طريقة من الرسم على طول المنحنى أو يمكن اعتبار أن ل . ل ١ قوس من دائرة نصف قطرها (نق) - $\frac{١ هـ + ٢ هـ}{٢}$ وبالمثل للأطوال ل ١ ، ل ٢ ، ...

٤- نفرض أن مساحات القطاعات هي ح ١ ، ح ٢ ، ...

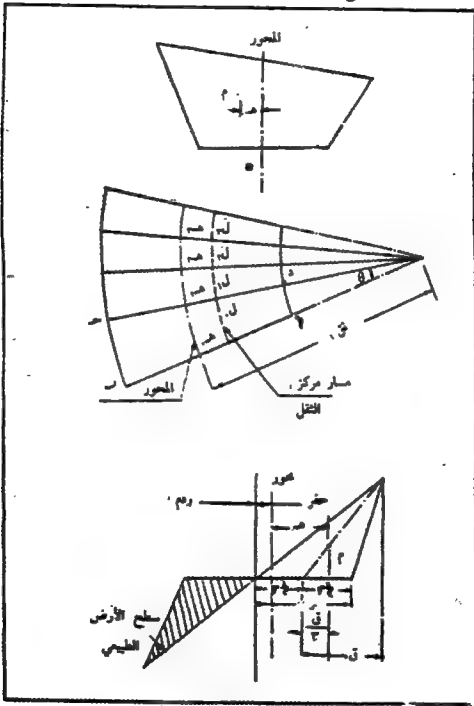
$$\text{الحجم الكلي} = \frac{١}{٢} \cdot ل . ل ١ + \frac{١}{٢} \cdot ل ٢ (ح ١ + ح ٢) + \dots$$

٥- يمكن اتباع هذه الطريقة في إيجاد حجم كل من الحفر والردم في حالة الجسر المبين في شكل (١٤٠) . ويعين بعد مركز الثقل عن محور الطريق في القطاعات الشبيهة بالقطاع المبين في شكل (١٤١) من المعادلة التالية:

$$(٩٨) \quad \frac{ل ١ \cdot ل ٢ (ل ١ + ل ٢)}{٣ ط . س} = هـ$$

حيث

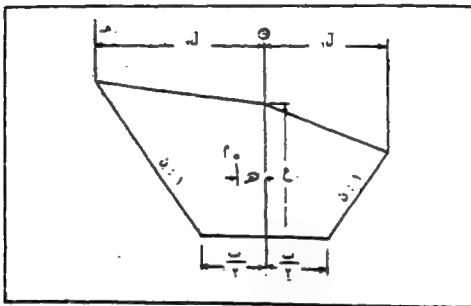
مس = مساحة القطاع الكلية.



شكل رقم (١٤٠)

١. ط = انحدار سطح الأرض الطبيعية في الاتجاه العمودي على محور الجسر.

وعندما يكون سطح الأرض الطبيعية أفقياً والميول الجانبية للقطاع متساوية فإن مركز ثقل القطاع يقع على المحور. أما إذا كان الميول الجانبية مختلفة و سطح الأرض الطبيعية أفقى فيحدد مركز الثقل باعتبار أن القطاع شبه منحرف ، وأنسب طريقة لذلك هي بأخذ عزوم المساحات أو بالطرق البيانية.



شكل رقم (١٤١)

الطريقة الثانية:

١- نفرض في شكل (١٤٠) أن مساحة كل من القطاعين أ ب ، ج د ثابتة وأن الحجم على أساس أنه يساوى المساحة \times المسافة بينهما على المحور.

٢- تبعاً لنظرية باهاس فإن الحجم المحسوب باستعمال طول المحور به خطأ قدره (ط).

ط = المساحة x (طول المحور بين القطاعين - طول مسار مركز الثقل) .

٣- وعموماً فإن المساحة (س) في الطبيعة تتغير عادة من وضع لآخر على المحور وبذا فإن مسار مركز الثقل لا يكون جزءاً من قوس دائري ومن الصعب حساب طول مثل هذا المسار. لذا نطبق التصحيح على المساحات مع أخذ المسافات على المحور.

٤- لهذا الغرض نفرض أن:

نصف قطر المحور = نق

زاوية دوران مستوى القطاع = θ

البعد بين مركز ثقل القطاع والمحور = هـ

ح + س (نق - هـ) θ

وتعتبر (هـ) وجبة إذا كانت إلى الخارج من المحور بعيداً عن المركز ويصبح الحجم :

ح = س (نق + هـ) θ

الخطأ في حساب الحجم = \pm س هـ θ
 $\frac{\text{طول المحور}}{\text{نق}} \times \pm$

= \pm الحجم العادي $\frac{\text{هـ}}{\text{نق}}$

الخطأ في الحجم لوحدة المسافات = $\pm \frac{\text{س هـ } \theta}{\text{نق } \theta}$

(٩٩)

الخطأ في الحجم لوحدة المسافات = $\pm \frac{\text{س هـ}}{\text{نق}}$

هذا التصحيح يضاف أو يطرح من المساحة عند كل قطاع ثم تطبق المعادلات العادية لإيجاد الحجم في حالة الخطوط المستقيمة.

٥- هذا بالطبع ليس دقيقاً تماماً ولكن في حالة أنصاف الأقطار الصغيرة أو عندما تكون ه كبيرة فإن النتيجة تكون أقرب كثيراً إلى الصحة لو لم نستعمل التصحيح.

٦- ويمكن تطبيق المعادلة التالية لإيجاد الحجم مباشرة.

$$(100) \quad \boxed{C = \frac{L}{2} (S_1 + S_2) \left(1 \pm \frac{h}{nq} \right)}$$

حيث L = طول القوس مقاساً على المحور

S₁ ، S₂ = مساحتا القطاعين الأول والأخير على الترتيب.

h = البعد بين مركز ثقل القطاع الأوسط والمحور.

nq = نصف قطر المحور.

والإشارة السالبة تؤخذ دائماً عندما يكون مركز الثقل إلى الداخل، بالنسبة للمحور ناحية مركز التقوس. وموجباً إذا كانت خارجة.

تسوية الأرضى للرى :

إن تسوية الأرضى للرى من الموضوعات الهامة في جمهورية مصر العربية خاصة وأننا نجرى استصلاح مئات الآلاف من الأقدنة فى شتى أنحاء الجمهورية حيث يتم حساب كميات الحفر أو الردم اللازمة لعمل التسوية بأقل تكاليف ممكنة.

وهناك عدة طرق مستخدمة لحساب تسوية الأراضي تتوقف على نوع التسوية المطلوبة على شكل الأرض بعد التسوية هل سيكون أفقياً أو تتحدر في اتجاه واحد أو اتجاهين متعامدين.

طريقة استصلاح الأراضي:

طريقة استصلاح الأراضي تتلخص في النقاط التالية:

١- نعمل للمنطقة المراد تسويتها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مجموعة من المربعات أو المستطيلات وإيجاد مناسب أركان هذه المربعات أو المستطيلات.

٢- بحسب المنسوب المتوسط على أساس أنه المنسوب المتوسط من جميع مناسب أركان الشبكة ، أي أن:

(١٠١)

$$\text{متوسط منسوب التسوية} = \frac{\sum \text{جميع مناسب نقط الشبكة}}{\text{عدد النقاط}}$$

٣- بحسب عمق الحفر أو ارتفاع الردم عند كل نقطة من نقط الشبكة وذلك بمقارنة منسوب أي نقطة بمنسوب التسوية ، فإذا كان منسوب النقطة أعلى من منسوب التسوية كان المطلوب حفر بمقدار الفرق بين المنسوبين ، أما إذا كان منسوب التسوية أعلى من منسوب النقطة كان المطلوب إجراء ردم بمقدار فرق المنسوبين.

٤- بحسب عدد النقاط التي سيتم فيها حفر لإجراء التسوية وكذلك عدد النقاط التي سيتم فيها ردم.

٥- تحسب مساحة المنطقة كلها وكذلك مساحة الجزء الذي سيتم فيه الحفر في الأرض والجزء الذي سيتم فيه الردم . ويمكن الحصول على قيم تقريبية لمساحات الحفر أو الردم من المعادلات الآتية:

$$(١٠٢) \quad \text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{\text{عدد نقط الحفر}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للأرض}$$

$$(١٠٣) \quad \text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{\text{عدد نقط الردم}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للأرض}$$

٦- يحسب متوسط عمق الحفر في المنطقة ومتوسط عمق الردم.

$$(١٠٤) \quad \text{متوسط عمق الحفر} = \frac{\sum \text{أعماق الحفر}}{\text{العدد}}$$

$$(١٠٥) \quad \text{متوسط ارتفاع الردم} = \frac{\sum \text{ارتفاعات الردم}}{\text{عدد نقط الردم}}$$

٧- وبذا يكون :

حجم كميات الردم = مساحة الردم \times متوسط ارتفاع الردم.

حجم كميات الحفر = مساحة الحفر \times متوسط عمق الحفر.

٨- يحسب متوسط مكعبات التسوية (متوسط كميات الحفر والردم).

ومن ثم يمكن حساب متوسط ما يخص كل فدان من مكعبات التسوية.

مثال:

قطعة أرض أبعادها ٢٥٠ \times ٢٠٠ م أجريت لها ميزانية شبكية بفرض

تسويتها وكانت أضلاع مربعات الشبكة بطول ٥٠ متر. احسب منسوب التسوية المتوسطة ومقدار ارتفاعات الحفر أو الردم عند كل نقطة ومقدار ما يخص كل فدان من مكعبات التسوية ، وذلك إذا كانت مناسيب نقط الشبكة كالآتي:

٤,٢٢	٤,٠٥	٣,٤٢	٣,٠٢	٣,١٢
٤,٢٧	٤,١٢	٣,٥٢	٢,٢٨	٣,٢١
٣,٥٨	٢,٧٤	٣,٤٤	٣,٤٢	٣,٤٠
٣,٣٨	٣,٢٢	٣,١٢	٣,٢٦	٣,١٠
٣,٥٢	٣,٤٤	٢,٩٨	٢,٨٨	٣,١٠
٣,٧٩	٣,٧٤	٣,٢٨	٢,٨٤	٣,٥٨

الحل:

الجدول التالي يبين مناسيب الأرض عند النقط المختلفة ومنه عين المنسوب المتوسط للتسوية ، وفي الجدول عينت ارتفاعات الحفر أو الردم.

$$٣,٤١ = \frac{١٠٢,٢٤}{٣} = \text{متوسط المنسوب بعد التسوية}$$

من الجدول : عدد نقط الحفر = ١٤

عدد نقط الردم = ١٦

$$\text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{١٤}{٣} \times ٢٥٠ \times ٢٠٠ = ٢٣٣٣٣ \text{ متر}^2$$

رقم القطعة	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم
١	٣,١٢		٠,٢٩	١٦	٣,١٠		٠,٣١
٢	٣,٠٢		٠,٣٩	١٧	٣,٣٦		٠,١٥
٣	٣,٤٢	٠,٠١		١٨	٢,١٢		٠,٢٩
٤	٤,٠٥	٠,٦٤		١٩	٣,٣٢		٠,٠٩
٥	٤,٢٢	٠,٨١		٢٠	٣,٣٨		٠,٠٣
٦	٣,٣١		٠,١٠	٢١	٣, -		٠,٣٦
٧	٣,٢٨		٠,١٣	٢٢	٢,٨٨		٠,٥٣
٨	٣,٥٢	٠,١١		٢٣	٢,٩٨		٠,٤٣
٩	٣,١٢	٠,٧١		٢٤	٣,٤٤	٠,٣٠	
١٠	٤,٢٧	٠,٨٦		٢٥	٣,٥٢	٠,١١	
١١	٣,٤٠		٠,٠١	٢٦	٢,٥٨		٠,٨٣
١٢	٣,٤٢	٠,٠١		٢٧	٢,٨٤		٠,٥٧
١٣	٣,٤٤	٠,٠٢		٢٨	٣,٢٨		٠,١٣
١٤	٣,٧٤	٠,٣٣		٢٩	٢,٧٤	٠,٣٢	
١٥	٣,٥٨	٠,١٧		٣٠	٣,٧٩	٠,٣٨	
				Σ	١٠٢,٢٤	٤,٥٣	٤,٥٩

$$\text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{١٦}{٣} \times ٢٥ \times ٢٠ = ٢٦٦٦٧ \text{ متر}^2$$

$$\text{متوسط عمق الحفر} = \frac{٤,٥٣}{١٤} = ٠,٣٢٣٦ \text{ متر}$$

$$\text{متوسط ارتفاع الردم} = \frac{٤,٥٩}{١٦} = ٠,٢٨٦٩ \text{ متر}$$

$$\text{مكعبات الحفر} = ٢٣٣٣٣ \times ٠,٣٢٣٦ = ٧٥٥٠ \text{ م}^٣$$

$$\text{مكعبات الردم} = ٢٦٦٦٧ \times ٠,٢٨٦٩ = ٧٦٥١ \text{ م}^٣$$

$$\text{متوسط مكعبات التسوية} = \frac{٧٦٥١ + ٧٥٥٠}{٢} = ٧٦٠٠ \text{ م}^٣$$

$$\text{متوسط ما يخص كل فدان} = \frac{٤٢٠٠,٨٣ \times ٧٦٠٠}{٥٠٠٠} = ٦٤٠ \text{ م}^٣$$

تسوية الأرض على ميول معينة:

في بعض الأحيان تسوى الأرض بحيث يكون سطحها بعد التسوية مائلاً في اتجاه معين وأفقى في الاتجاه العمودي وأحياناً مائلاً في الاتجاهين المتعامدين وذلك لتحسين صرف المياه بعد الري ويمثل ما اتبع في الطريقة السابقة تعمل للمنطقة ميزانية شبكية بغرض تعيين مناسيب الأرض الطبيعية عند نقاط الشبكة المختلفة .

وخطوات حساب التسوية في هذه الحالة تتلخص فيما يلي:

١- نوجد مركز ثقل المنطقة (المركز الهندسى لشكل قطعة الأرض المطلوب تسويتها).

٢- تحسب منسوب التسوية لمركز ثقل المنطقة وليكن ع م حيث :

$$ع م = \frac{\text{مجموع مناسيب سطح الأرض عند الأركان}}{\text{عدد الأركان}} \quad (١٠٦)$$

٣- نمرر بمركز الثقل محورين متعامدين يعينان اتجاه ميل الأرض . بمعلومية انحدار الأرض في كل اتجاه منهما تحسب مناسيب التسوية لنقاط الشبكة المختلفة ابتداءً من نقطة مركز الثقل ثم نعين ارتفاعات الردم وأعماق

الحفر بمقدار منسوب سطح الأرض الطبيعية عند كل نقطة بمنسوب التسوية. والمثال التالي يوضح الخطوات الحسابية للتسوية.

مثال،

قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ١٨٠ × ٣٥٠ متراً قسمت إلى مستطيلات بأبعاد ٦٠ × ٧٠ متر ، عملت لها ميزانية شبكية ویراد تسويتها بميل إلى أسفل من الشمال إلى الجنوب مقداره ١ : ٢٥٠ ومن الغرب إلى الشرق بميل ١ : ٥٠ إلى أعلى. أوجد مقدار الحفر والردم عند كل نقطة من النقاط إذا كانت مناسيب الأركان هي:

٦,٢	٤,٢	٨,٧	٤,١	٧,٦	٣,٦
٤,٤	٧,٧	٢,٤	٣,١	٢,٢	٤,٥
٦,٤	٦,٠	٦,٢	٧,٠	٨,٠	٣,٢
١,١	٨,١	٤,٦	٨,٦	١,٦	٥,١

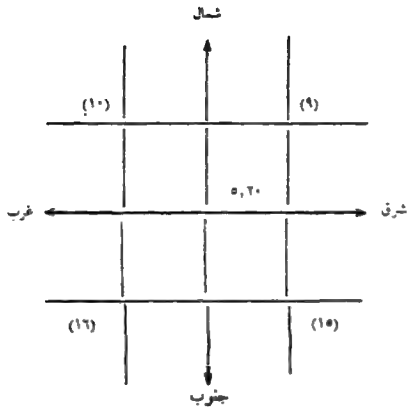
الحل،

مركز ثقل القطعة هو مركز المستطيل أى يبعد على الحافة السفلى ٩٠ متر وعن الحافة اليسرى ١٧٥ متر ومنسوبه هو متوسط جميع مناسيب الأركان ، أى أن :

$$\text{منسوب المركز} = \frac{١٢٤,٨}{٢٤} = ٥,٢٠$$

ولحساب منسوب التسوية لنقطة مثل (٩) شكل (١٤٢) نجد أن هذه النقطة تبعد بمقدار ٣٠ متر شمالى مركز الثقل وبمقدار ٣٥ متر شرق مركز الثقل.

$$\text{وبذا يكون منسوب التسوية لهذه النقطة} = ٥,٢٠ + ٣٥ \times \frac{١}{٥٠} + ٣٠$$



شكل رقم ١٤٢

$$٦,٠٢ = \frac{١}{٢٥} \times \text{متراً}$$

$$\text{وانقطة مثل (١٠) منسوب التسمية} = ٢٠ + \frac{١}{٥} \times ٣٥ - ٥,٢٠$$

$$٤,٦٢ = \frac{١}{٢٥} \times \text{متراً}$$

$$\text{وانقطة مثل (١٥) منسوب التسمية} = ٢٠ - \frac{١}{٥} \times ٣٥ + ٥,٢٠$$

$$\text{متر } 0,78 = \frac{1}{20} \times$$

$$\text{ولنقطة (١٦) منسوب التسوية} = 0,20 - 30 \times \frac{1}{20}$$

$$\text{متر } 4,28 = \frac{1}{20} \times$$

وبالتالى لباقي النقط . والجدول التالى يبين مناسيب الأرض الطبيعية.
ومناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك ارتفاعات الحفر والردم عند كل نقطة.

رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب النقطة	ارتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب النقطة	عمق الحفر	ارتفاع الحفر
١	٦,٢٠	٩,٠٦	٢,٨٦	١٣	٦,٤	٨,٥٨		٢,١٨
٢	٤,٤	٧,٦٦	٣,٢٦	١٤	٦,٠	٧,١٨		١,٨٨
٣	٨,٧	٦,٢٦	٢,٤٤	١٥	٦,٢	٥,٧٨	٠,٤٢	
٤	٤,١	٤,٨٠	٠,٧٩	١٦	٧,٠	٤,٣٨	٢,٦٢	
٥	٧,٦	٣,٤٦	٤,١٤	١٧	٨,٠	٢,٩٨	٥,٠٢	
٦	٣,٦	٢,٠٦	١,٥٤	١٨	٣,٢	١,٥٨	١,٦٢	
٧	٤,٤	٨,٨٢	٤,٤٢	١٩	١,١	٨,٣٤	٧,٢٤	
٨	٧,٧	٧,٤٢	٠,٣٢	٢٠	٨,١	٦,٩٤	١,١٦	
٩	٢,٤	٦,٠٢	٣,٦٢	٢١	٤,٦	٥,٥٤	٠,٩٤	
١٠	٣,١	٤,٦٢	١,٥٢	٢٢	٨,٦	٤,١٤	٤,٤٦	
١١	٢,٢	٣,٢٢	١,٠٢	٢٣	١,٦	٢,٧٤	١,١٤	
١٢	٤,٥	١,٨٢	٢,٦٨	٢٤	٥,١	١,٣٤	٣,٨٦	

مسائل

١- قاعدة تماثل ارتفاعها ١٦ متر وقاعدتها السفلى شبه منحرف أبعاده ١٤ ، ١٠ ، ٨ ، متراً والقاعدة العليا مستطيل ٨ x ٦ متراً - عين حجم هذه القاعدة بأدق الطرق.

٢- عند إنشاء طريق جديد عرضه ٧ متراً أخذت ميزانية على محور المشروع المقترح فكانت النتائج كالتالي:

مسافة (متر)	صفر	٥٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠
منسوب (متر)	٣,١٦	٤,٤٨	٦,٢٢	٥,٨٣	٢,٢٤	٢,٩٥	٣,٨٥	٣,٢١
مسافة	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٥٥٠	٦٠٠	٦٥٠	٧٠٠	
منسوب	٢,٩٦	١,٧٥	٠,٩٥	١,٣٤	٢,٢٨	١,٦٥	١,٦٠	

فإذا علم أن الطريق سيكون أفقياً حتى مسافة ٢٥٠ متر بمنسوب ٣,١٥ وأنه سينحدر بعد ذلك إلى أسفل بمقدار ٨٪ ، ارسم قطاعاً طولياً مبيناً عليه سطح الأرض الطبيعية و سطح الإشاء.

احسب مكعبات الحفر والردم اللازمة لإتمام الطريق إذا علم أن الميول الجانبية في الحفر ٢ : ٣ وفي الردم ١ : ٢.

٣- كوم من الحجارة ارتفاعه ١١ متر وقاعدته على شكل شبه منحرف أبعاده هي ١٤ ، ٦ ، ١٢ متراً وقاعدته الأخرى على شكل شبه منحرف أيضاً أبعاده ١٦ ، ٤ ، ٧ متراً - عين حجم الكوم بطريقتين.

٤- قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٨٠ x ١٢٠ متراً . وعملت لها ميزانية شبكية لأركان المصحات فكانت مناسيب الأركان كما يلي:

الصف الأول	٦,٢٠	٥,٢٠	٤,٢٠	٣,١٠
الصف الثاني	٥,٤٠	٤,٨٠	٤,١٠	٣,٠٠
الصف الثالث	٣,٢٠	٢,٨٠	٤,١٠	٠,٠٠

عين خطوط الكنتور لفترة كنتورية مقدارها ١ متر مستعملًا مقياس ١ : ١٠٠٠ - وإذا أريد تسوية هذه المنطقة على منسوب (٣٠٠) فعين كمية الحفر والردم اللازمة لذلك.

٥- للمنطقة المبينة بالميزانية الشبكية في المسألة رقم (٧) احسب ارتفاع الحفر أو الردم عند النقط المختلفة إذا أريد تسوية هذه القطعة بفرض استصلاحها للزراعة بحيث تتحلر الأرض من الشمال إلى الجنوب إلى أسفل بمقدار ٥ر٠٪ ومن الغرب إلى الشرق إلى أعلى بمقدار ٢ر٠٪.

٦- خزان مياه مسقطه الأفقى مستدير وقطره الداخلى عند حاقته العليا ٢٠ متراً - وسك الجدار عند الحافة العليا ٦٠ سم وارتفاع الخزان ٩٦ - احسب حجم الحائط إذا كان الجدار الخارجى رأسى تماماً والداخلى يميل ١ : ١٢ إلى الداخل احسب أيضاً أكبر كمية من المياه يمكن تخزينها به.

٧- ارسم خطوط الكنتور لفترة قدرها متراً واحداً من واقع نتائج ميزانية شبكية إذا كانت شبكة المربعات مكونة من مربعات أبعادها ٥٠ X ٥٠ متراً وكانت مناسيب الأركان كالآتى:

الصف الأول	٢,٤٠	٣,٨٠	٢,٨٠	٤,٢٠
الصف الثاني	٤,٦٠	١,٨٠	٣,٩٠	١,٩٠
الصف الثالث	٢,٩٠	٥,٠٠	١,٨٠	٢,٧٠
الصف الرابع	٤,٦٠	٣,٥٠	٣,٠٠	٤,٧٠
الصف الخامس	٣,٢٠	٤,١٠	٢,٧٠	٢,٥٠

٨- يراد حساب مكعبات الحفر اللازمة لإنشاء نفق مفتوح عرض قطاعه ١٨ متر وميوله الجابية ٢ : ٥ - ولإيجاد المناسيب على محور المشروع لسطح الأرض الطبيعية المزعم عمل النفق فيها أجريت ميزانية طولية فكانت القراءات على القامة كالآتي:

٣٥٠ م - ٢٨٠ م - ٣٨٥ م - ٤٨ م - ١١٧ م - ٢٦٤ م - ٧٢ م - ٢٦٨ م - ١٠١ م - ٥٦ م.

علماً بأن الميزان رفع بعد القراءة الثالثة والسابعة وأن منسوب النقطة الخامسة على المحور هو ١٥٣٤ م . وعند قياس المسافات بين النقط المختلفة على محور المشروع كانت المسافة المقاسة بين النقطة الأولى والثانية على الساتل هي ٥٠٣٦ م ، وبعد القياس عور الجنزير المستخدم فكان طوله الحقيقي ١٩٨٨ م ، كانت المسافات الأفقية بين النقط التالية هي نفس المسافة الأفقية الصحيحة بين الأولتين ، احسب مكعبات الحفر بالمتر المكعب علماً بأن منسوب بداية النفق هو ١٦٥٠ متراً وأنه ينحدر إلى أسفل بمقدار ٧٥٪.

٩- عين بأدق الطرق كمية الخرسانة اللازمة لإتمام قاعدة تمثال وجهها العلوي مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه ٤ متر ووجهها السفلي مربع طول ضلعه ٦ متر وأحد أضلاعه يوازي أحد أضلاع المثلث، وذلك إذا علم أن ارتفاع القاعدة سيكون ٤ متر.

١٠- احسب لنفس قطعة الأرض المبينة مناسيب أركانها في المسألة (٧) كميات الحفر وكميات الردم اللازمة لتسوية المنطقة لاستصلاحها للزراعة بحيث تصبح أفقية.

١١- المطلوب تسوية قطعة الأرض المبينة مناسب أركانها في المسألة (٧) بغرض استصلاحها للزراعة بحيث تنحدر من الشمال إلى الجنوب إلى أعلى بمقدار ٣٠٪ ومن الشرق إلى الغرب إلى أسفل بمقدار ٤٠٪ .

عين مناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك ارتفاعات الحفر والردم اللازمة عند كل نقطة.

١٢- عمل قطاع طولى لمشروع زراعى بين الكيلو ٤٣.٠٠ والكيلو ٤٣.٦٠ بين نقطتين أ ، ب وكانت الميزانية على مسافات متساوية وكانت قراءة القامة كالآتى:

١٩٩٢ - ١٩٩٧ - ٢٠٤٦ - ٢٠٥٩ - ١٩٩٢ - ١٩٤٨ - ١٩٦٢ - ١٩٤٤
- ١٩٥٧ - ١٩٩٦ - ١٨٨٩ - ١٩٩٢ - ٢٠٢٢ - ٢٠٣٠ - ٢٠٨٥ - ٢٠٣٦.

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وأن منسوب النقطة الأولى هي (٢٢.٦٠) وأن الطريق المقترح يبدأ من نقطة أ ويميل $1/4$ ٪ إلى أسفل . ومنسوب (٢٤.٠٠):

ارسم قطاعاً طولياً مبنياً عليه سطح الأرض الطبيعية و سطح الإنشاء وكذلك مناطق الحفر والردم اللازمة لإتمام الطريق.

احسب كميات الحفر والردم إذا كان عرض الطريق المقترح ١٠ متر وأن الميول الجانبية فى الحفر هي ٣ : ٢ وفى الردم ٢ : ٣.

١٣- قدرت المساحة داخل خطوط كنتور هضبة فكانت:

كنتور (٢٦) = ٢م ٧٠ - كنتور (٢٤) = ٢م ١٣٠ - كنتور (٢٢) = ٢م ١٦٠
كنتور (٢٠) = ٢م ٢٠٠ - كنتور (١٨) = ٢م ٢٤٠ - كنتور (١٦) = ٢م ٢٩٠
كنتور (١٤) = ٢م ٣٥٠ - كنتور (١٢) = ٢م ٤٠٠ - كنتور (١٠) = ٢م ٤٤٠
فإذا كان المطلوب هو تسوية الهضبة على منسوب (١٩.٠٠) مع عمل حوائط سائدة على امتداد خط كنتور (١٠.٠٠) احسب كميات الأتربة المطلوبة نقلها من أو إلى الموقع لإجراء التسوية المطلوبة.

٤٤- بحسب الكميات اللازمة لتطهير قطاع التربة المبين إذا كان طولها ٤٥٠ متراً بطريقة الإحداثيات ثم المركبات.

١٥- كوم من الأحجار قاعدته عبارة عن مثلث أطوال أضلاعه ٣٣، ٣٣، ١٨ متراً، ومعين طولاً قطريه ٣٨، ١٢ متراً وضع ضلع المثلث الذى طوله ١٨ متراً يوازى أحد أضلاع المعين. فإذا كان ارتفاع الكوم عشرة أمتار فما حجم الأحجار بالأمطار المكعبة.

١٦- ما كمية الحفر والردم اللازمين لتسوية الأرض المبينة على منسوب ٣٠٠ في الاتجاه أ ب ويميل ١ : ٣٠٠ إلى أسفل فى الاتجاه العمودى عليه مستعملاً طريقة خط (صفر - حفر - ردم).

١٧- يراد إنشاء حوض سباحة ٥٠ x ٢٥ متراً فعملت ميزانية على المحور الطولى فى المنطقة التى سينشأ عليها الحوض وكانت القراءات كالتى:

المسافة بالمتر صفر ٥ ١٠ ١٥ ٢٠ ٢٥ ٣٠ ٣٥ ٤٠ ٤٥ ٥٠

المناسيب: ٢٦,٢ ٢٧,٤ ٢٧,٦ ٢٧,٦ ٢٧,٠ ٢٧,١ ٢٧,٤

٢٦,٨ ٢٦,٦ ٢٦,٢ فإذا كان ارتفاع الحفر فى مسافة صفر = ٧٥ ر. متر وانحدار قاع الحوض ١ : ٢٥ إلى أسفل من مسافة صفر إلى مسافة ٢٥ ثم ١ : ٥ إلى أسفل من مسافة ٥٠ والمطلوب:

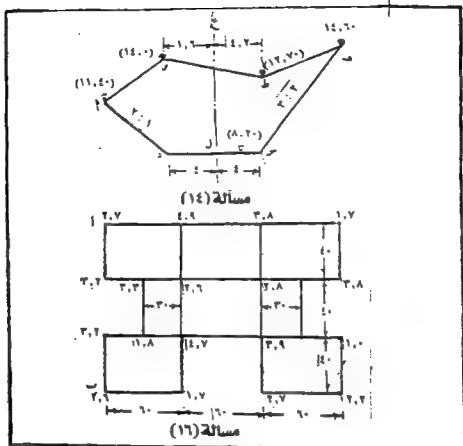
أولاً - رسم القطاع الطولى مبيناً طبيعة الأرض وقاع الحوض . مقياس الرسم ١ : ٢٥٠ أفقى ١ : ١٠٠ رأسى.

ثانياً - حساب مكعبات الحفر اللازم لإنشاء الحوض.

ثالثاً - كمية المياه التى يسعها الحوض إذا ملئ إلى منسوب ٢٦,٤ .

رابعاً - منسوب الماء إذا ملئ إلى نصف سعته.

خامساً - مسطح البلاط القيشانى لتغطية جوانب وقاع الحوض.



١٨- قاعدة من الخرسانة لها قاعدتان عبارة عن مثلثين متوازيان انعلبا
أضلاعه ١٣ ، ١٢ ، ٥ متراً وأضلاع القاعدة السفلى المقابلة لها ٦٥ متر
٣ ، ٦ ، متراً على الترتيب . أوجد حجم الخرسانة المطلوبة بطريقة
المنشور المجسم .

١٩- أخذت المناسيب الآتية في ميزانية على محور جسر يراد إنشاؤه في
أرض زراعية.

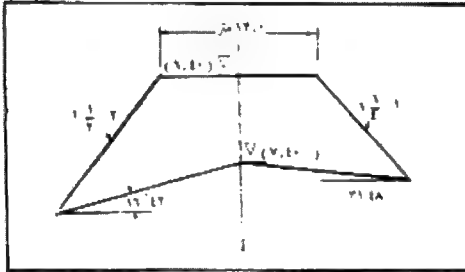
مسافة (متر) صفر ١٥٠ ٣٠٠

مناسيب (متر) صفر ٢٤٠ ٨٧٠

فإذا كان ارتفاع ابتداء الجسر = ٢٧٠ م وميله إلى أعلى بمقلد ١ : ١٥٠ .

- والميول الجانبية ٣ : ٤ وعرض الجسر ٦ متر. ميل الأرض الطبيعي أفقى.
- أ- ارسم القطاع الطولى بمقياس رسم مناسب (تملاً ورقة الرىعات) لكل من المسافات الأفقية والرأسية مع بيان كيفية اختيار المقياس.
- ب - كمية الأتربة فى كل منطقة الحفر والردم. علماً بأن حجم الأتربة يزداد بمقدار ٢٥ فى المائة بعد الحفر.
- ج - ثمن الأرض المنزوع ملكيتها لإقامة الجسر إذا علم أن ثمن المتر المربع من الأرض ٢٥٠ قرشاً.

- ٢٠ - جسر دائرى كامل نصف قطر انحناءه ٢٠٠ متر . فإذا كان متوسط شكل قطاعات الجسر كما هو مبين أوجد مقدار الأتربة اللازمة لإنشاء هذا الجسر.



- ٢١- يراد إنشاء خزان من الخرسانة لتتقى المياه مسقطه الأفقى مستدير، القطر الداخلى لحافته العليا ١٥ م . سمك الجدار الخرسانى عند الحافة العليا ٣٠ م ، عمق الخزان ٥ م. سطح الجدار الخلفى (الخارجى) رأسى والأمامى

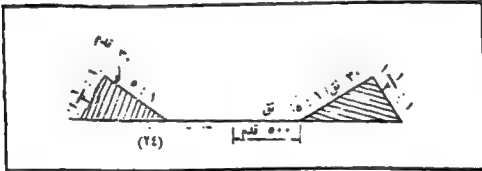
أو الداخلى يميل بمقدار واحد أفقى إلى ٦ رأسى . احسب حجم العائط وحقق النتيجة.

٢٢- منخفض رسمت خطوط الكونتور له وكانت المساحة المحصورة داخل كل خط بالبلاتيمتر فكانت كالآتى:

كونتور ١٨ = ٢م ٣٠	كونتور ١٩ر٥ = ٢م ١٢٠
كونتور ٢١ = ٢م ٢٩٥	كونتور ٢٢ر٥ = ٢م ٧٤٠
كونتور ٢٤ = ٢م ١٥٠٠	كونتور ٢٥ر٥ = ٢م ٢٠٠
كونتور ٢٧ = ٢م ٥٥٠٠	

فإذا أريد تسوية الأرض علي منسوب ٢٦ر٤ فما مقدار الأتربة اللازمة مستعملا القوانين المختلفة مع التعليق على نتائج هذه الطرق وأذكر أيها أدق فى هذه الحالة.

٢٣- يراد إنشاء طريق للدراجات على أرض مستوية حسب التصميم المبين فى الشكل . أوجد حجم الأتربة المطلوبة بالياردات المكعبة.



٢٤ - الشكل يبين قطاعين فى طريق عند المسافة صفر ، ١٠٠ متراً . أوجد الأتربة اللازمة لإنشاء الجسر فى المسافة الخاصة بالجزء بين ١٠٠ ، ٤٠٠

متراً كم يكون الحجم لو فرض أن ميل الأرض عند قطاع ١٠٠ هو ٣٥°
استعمل قانون المنشور المجسم.

٢٥- احتاج الأمر في مشروع لتوليد كهرباء من قوى مائية إلى خزان لخزن مياه قدرها ١٢٥٠٠٠ ر. قدم مكعب بين أوطى وأعلى منسوب للتخزين.

والجدول التالي يبين المساحات بين الخطوط الكونتورية وأمام الخزان:

المنسوب	المساحة	المنسوب	المساحة
٣٠٠	٣١٢٦٠٠	٢٦٠	١٩٢٢٠٠٠
٢٩٠	٢٦٢٥٠٠٠	٢٥٠	١٧٥٩٠٠٠
٢٨٠	٢٤٧٤٠٠٠	٢٤٠	١٢٧٦٠٠٠
٢٧٠	٢٢٠٨٠٠٠	٢٣٠	٢٥٠٠٠
		٢٢٠	٢٤٤٠٠

فإذا كان أوطى منسوب للتخزين ٢٢٣٫٧٠ احسب:

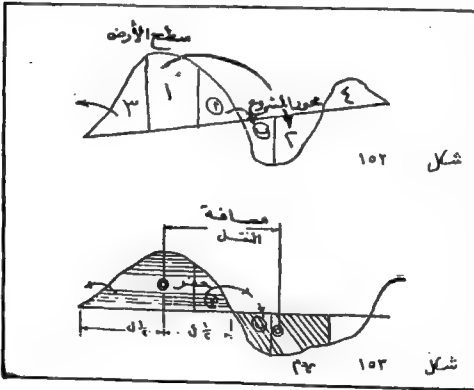
أولاً - منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً.

ثانياً - منسوب المياه عندما يكون ممتلئاً بمقدار ٦٠ في المائة من سعته الكلية .

الباب العاشر كميات النقل

Haul

عند إنشاء خطوط السكك الحديدية وشبكات الطرق الجديدة يجب مراعاة أن تكون محاور هذه المشروعات ذات ميل محددة ويجب عدم تجاوزها حتى يمكن للقطارات والسيارات أن تجرى عليها بسرعتها التصميمية . وعند تنفيذ ذلك ستواجهنا مشكلة إجراء عمليات حفر وردم على طول هذه المحاور وفي المساحات التمهيدية لمشروعات الطرق والسكك الحديدية تعمل قطاعات طولية تبين سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء - (شكل ١٤٣) وقطاعات عرضية تبين مقطع الطريق المقترح، ومن هذه القطاعات الطولية والعرضية تحسب كميات الحفر



والردم اللازمة لتنفيذ المشروع. كما تساعد هذه القطاعات على كيفية توزيع هذه الكميات من الأتربة بحيث تنقل الأتربة ناتج الحفر في القطوع إلى مناطق الردم لتنفيذ الجسور ، ومنها نستطيع أن نبين الكميات التي نستطيع نقلها إما بالعمال أو باللودوزات وهي ما نطلق عليه كميات النقل المسموح ، مثل نقل الكمية (أ) إلى (ب) في شكل (١٤٣) . كذلك من هذه القطاعات يمكن تحديد الكميات التي ستنتقل بواسطة وسائل النقل وهي ما نطلق عليها النقل الزائد مثل نقل الكمية (١) إلى (٢) في شكل (١٤٣). كما أنه من هذه القطاعات يمكننا تحديد ما إذا كنا في حاجة إلى نقل كميات من الأتربة خارج منطقة العمل مثل الكمية (٣) في شكل (١٤٣) لعدم الحاجة إليها في عمليات الردم (استهلاك) . أو كنا في حاجة لآتربة من خارج الموقع لتكملة تنفيذ ردم الجسور (قرض).

مسافة النقل (Haul Distance)

مسافة النقل تساوي البعد بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الجسم الذي يملأ هذا الحفر ، وشكل (١٤٣) يبين قطاعاً طولياً لمشروع حيث نجد أن كميات الحفر اللازمة للحصول على سطح الإنشاء يمكن استغلالها لتغطية جزء من كميات الردم المطلوبة ، فتكون مسافة النقل هي المسافة بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الردم الذي يساوي الحفر في الكمية ويطلق عليها مسافة النقل الكلية ويمكن اعتبار أن مركز ثقل الكمية يقع عند منتصفها أي عند القطاع الذي يحدد نصف الكمية. ففي شكل (١٤٤) مركز ثقل الحفر يقع عند النقطة التي تحدد نصف كمية الحفر ($\frac{1}{2}L$) وليس عند منتصف المسافة.

ويمكن تعيين مسافة النقل وكذلك الكميات المنقولة باستخدام منحني التوزيع الكمي الذي يرسم من واقع بيانات القطاعات الطولية المأخوذة للمشروع.

منحني التوزيع الكمي (Mass Curve)

منحني التوزيع الكمي هو منحني محوره الأفقي يمثل المسافات على محور خط الإنشاء (محور الطريق أو الخط الحديدي) وإحداثياته عند أية نقطة عبارة عن كمية الأتربة حتى تلك النقطة . ولإيضاح ذلك نأخذ المثال التالي في الاعتبار.

مثال،

من واقع بيانات قطاع طولى لمشروع مقترح لإنشاء طريق ومن واقع القطاعات العرضية المأخوذة عليه حسب كميات الأثرية اللازمة لتنفيذ المشروع فكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى:

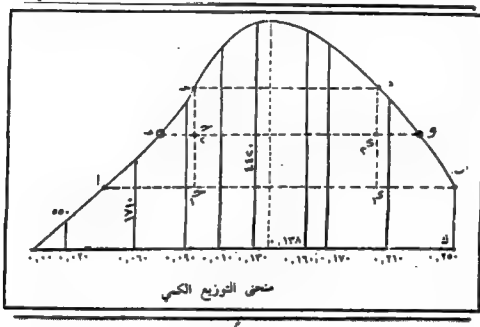
والمطلوب رسم منحني التوزيع الكمي لهذه الكميات.

الحل،

شكل (١٤٤) يبين منحني التوزيع الكمي المطلوب وفيه المحور الأفقى يمثل المسافات ، والإحداثيات الرأسية تمثل كمية الأثرية الكلية المحسوبة حتى أى قطاع لكمية الحفر عند البداية = صفر وعند الكيلو ٢٠ ر. يصح ما لدينا من أثرية ٥٥٠ م٣ وعند الكيلو ٦٠ ر. تزداد الكمية إلى ١٧١٠ م٣ وعند الكيلو ٣٠٠ ر. يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٤٢٠ م٣ وهو نهاية الحفر تقريباً.

القطاع عند الكيلومتر	ردم (م٣)	ردم (م٣)
٠,٠٠٠	٥٥٠	
٠,٠٢٠	١١٦٠	
٠,٠٦٠	١١٤٠	
٠,٠٩٠	١٠٥٠	
٠,١١٠	٦٩٩	
٠,١٣٠	١١٠	٨٠
٠,١٦٠		٥٢٥
٠,١٧٠		٢١٥
٠,٢١٠		١٠٤٠
٠,٢٥٠		١٦٢٠

وعند القطاع ١٦٠ يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٠٨٥ م٣ وعند القطاع الطولي ١٧٠ تكون الكمية الكلية (حفر - ردم) مساوية ٣٨٧٠ م٣ وعند نهاية المشروع تكون الكمية الكلية ١٢١٠ م٣ وهو إحداثي موجب في المنحنى يدل على أن هناك كميات أترية فائضة ناتجة عن الحفر الذي يزيد في الحجم عن الردم بمقدار ١٢١٠ م٣ ويجب استهلاكها. وإذا وصلت هذه النقاط بمنحنى نحصل على منحنى التوزيع الكمي كما هو موضح في شكل (١٤٥).

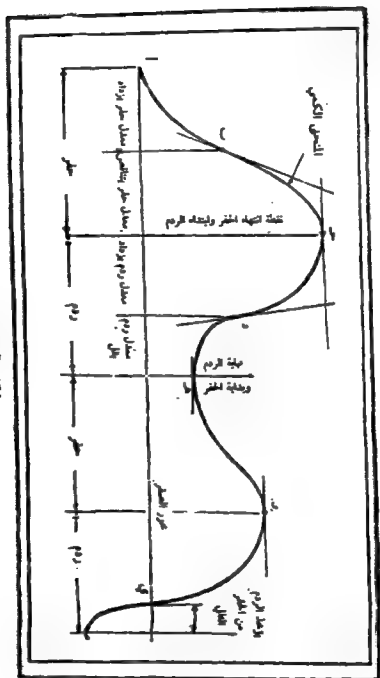


شكل رقم (١٤٥)

خصائص منحنى التوزيع الكمي:

شكل (١٤٦) يوضح منحنى توزيع كمي مرسوم من واقع بيانات خاصة بمشروع إنشاء خط سكة حديد. ومن الشكل يمكن ذكر الخواص الآتية لمنحنى التوزيع الكمي:

- ١- إذا أخذ ميل منحنى التوزيع الكمي في الازدياد دل ذلك على أن معدل الحفر أخذ في الازدياد (من أ إلى ب).



- ٢- إذا قل الميل دل ذلك على أن معدل الحفر يتناقص.
- ٣- إذا وصل الميل إلى صفر دل ذلك على أننا وصلنا إلى نقطة نهاية حفر وبدأية ردم أو العكس (عند ج د هـ ، و).
- ٤- إذا قطع المنحنى خط الصفر دل ذلك على أن المادة قد تعادلت حتى تلك النقطة أى تساوى حفرها ورمدها (عند ي).
- ٥- إذا انخفض المنحنى عن خط الصفر دل ذلك على أننا فى احتياج إلى مادة نجلبها من الجزء التالى وهكذا.
- ٦- إذا كان ميل منحنى التوزيع الكمى موجباً (المنطقة أ ج د والمنطقة هـ و) دل ذلك على حفر، وإذا كان سالباً دل ذلك على ردم (المنطقة ج د هـ والمنطقة و ي إلى آخر المنحنى).
- ٧- إذا كانت إحداثيات المنحنى موجبة دل ذلك على وجود المادة بالمنطقة وإن كانت سالبة دل ذلك على الاحتياج إلى المادة.
- ٨- إذا سار المنحنى أفقياً لجزء من طول الخط دل ذلك على أن الخط يتأبط سطح الأرض فى ذلك الجزء.
- ٩- إذا انتهى المنحنى بحيث كان إحداثياً موجباً دل ذلك على وجود مادة زائدة يقتضى استهلاكها كما فى الشكل (١٤٥).
- ١٠- إذا انتهى المنحنى بحيث كان آخر إحداثى سالباً دل ذلك على الحاجة إلى مادة يتحتم اقتراضها كما فى شكل (١٤٦).

النقل المسموح والنقل الزائد (Free Haul and Over Haul)

عند وضع شروط العطاء لإقامة أساس سكة حديد أو طريق مثلاً نحدد مسافة النقل المسموح وهى المسافة التى ينقل فى حدودها المتر المكعب من الحفر إما يدوياً أو بواسطة البلدوزرات ، فإذا زاد النقل عن هذه المسافة سمي بالنقل الزائد حيث تنقل المادة بالعربات ويحدد سعر النقل الزائد على أساس سعر النقل المسموح مضافاً إليه تكاليف النقل عن كل ٥٠ متر زيادة أو أكثر حسب الاتفاق.

مسافة النقل المسموح (Free Haul)

المقصود بالنقل المسموح هو نقل الكمية بدون استعمال العربات حيث تنقل الكميات من مناطق الحفر إلى مناطق الردم المجاورة لها مباشرة (من أ إلى ب في شكل (١٤٤)). ويتحدد طول النقل المسموح تبعاً لطريقة النقل ونوع مادة الحفر وكذا اتساع العملية وعادة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ متر.

تعيين مسافات النقل الزائد

ولتعيين مسافات النقل المسموح والنقل الزائد وكذلك مركز نقل كل من كمتي الحفر والردم تتبع الخطوات التالية (انظر شكل (١٤٥)).

١- إذا انتهى المنحنى بإحداثي موجب (استهلاك) نرسم من نهاية المنحنى (من نقطة ب) الخط ب أ موازياً للمحور الأفقي ليقطع المنحنى في (أ) ويكون هذا الخط (ب أ) هو محور الصفر وتكون المسافة العمودية (ب ك) هي قيمة الاستهلاك.

٢- تحدد مسافة النقل المسموح بالخط ج د حسب المواصفات أو ما يتفق عليه.

٣- وبإسقاط د ، ج على الخط ب أ تتحدد نقطتي د١ ، ج١ وتنصف كل من د د١ ، ج ج١ في ج٢ ، د٢ نحصل على الخط ج٢ د٢ ، ج٢ ليقابل المنحنى في ه ، و.

٤- النقطتان ه ، و هما عبارة عن مركزي الكميتين أ ج١ ، د د١ ب١ اللتان مستقلتان نقلاً غير مسموح وبذا تكون المسافة ه و هي مسافة النقل غير المسموح.

٥- الكمية أ ج١ سوف تنقل من ه إلى و لإتمام الردم.

٦- مسافة النقل الزائد هي (ه و - د ج) ومنها يمكن تعيين كمية النقل الزائد.

كمية النقل الزائد = الحجم ج د١ x مسافة النقل الزائد.

٧- لتحديد مسافة النقل الكلية ينصف الإحداثي الرأسى من قمة المنحنى

وحتى الخط أ ثم يرسم من نقطة المنتصف خط يوازي المحور فيقطع الجزء الأيمن من المنحنى في نقطة هي مركز ثقل الردم ويقطع الجزء الأيسر من المنحنى في نقطة ثانية هي مركز ثقل الحفر الذي يساوي الردم. المسافة الأفقية بين النقطتين هي مسافة النقل الكلية.

٨- كمية الأتربة التي ستنتقل نقلاً مسروحاً تعين بالأحداثي الرأسى من قمة المنحنى وحتى د جـ.

٩- نقطة (أ) تحدد القطاع الفاصل بين الكمية المستهلكة من الحفر وبين الكمية التي ستستغل من الحفر في عمليات الردم.

١٠- لتحديد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة من بداية المشروع بنصف الإحداثي الرأسى الواصل من نقطة (أ) وحتى المحور. ومن نقطة التنصيف نرسم خطاً أفقياً يقطع المنحنى في نقطة هي مركز ثقل الكمية المستهلكة وبالتالي يمكن حساب بعد هذا المركز عن البداية.

مثال:

حسبت كميات الحفر والردم على طول قطاع طولى لطريق مقترح وكانت كما هو مبين في الجدول الآتى:

المسافة من أول

مشروع (قدم) صفر الحفر (١٠٠ قدم^٣) الردم (١٠٠ قدم^٣)

٢٠٠	١٠٠
٧,٦٠	٢٠٠
١٦,٨٠	٣٠٠
٦,٢٠	٤٠٠
١,٠٠	٥٠٠
١,١	٦٠٠

٣,٥٠	٧٠٠
٦,٠٠	٨٠٠
٧,٨٠	٩٠٠
٦,٩٠	١٠٠٠
٤,٠٠٠	١١٠٠
١,٢٠	١٢٠٠

ارسم منحنى التوزيع الكمي وعين كمية الأثرية المستهلكة أو المقترضة ثم أوجد مسافة النقل الزائدة وكمية النقل الزائدة والنقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح بها هي ٣٠٠ قدم . حدد أيضاً بعد القطاع الذي ينتهى عنده الاستهلاك أو يتدئ عنده القرض عن بداية المشروع.

الحل،

تحسب أولاً إحداثيات المنحنيات من واقع المعطيات.

المسافة	الكمية الكلية	المسافة	الكمية الكلية
صفر	صفر	٧٠٠	٢٩٩٠
١٠٠	٢٩٠ +	٨٠٠	٣٣٩٠
٢٠٠	١٠٥٠ +	٩٠٠	١٦١٠
٣٠٠	٢٧٣٠ +	١٠٠٠	٩٢٠
٤٠٠	٣٣٥٠ +	١١٠٠	٥٢٠
٥٠٠	٣٤٥٠ +	١٢٠٠	٤٠٠
٦٠٠	٣٣٤٠ +		

شكل (١٤٧) يمثل المنحنى بعد رسمه. ومن واقع المنحنى نجد أن هناك إحداثى موجب عند نهايته أى أن هناك استهلاك وقيمتة تساوى قيمة الإحداثى وعليه:

كمية الأثرية المستهلكة = ٤٠٠ قدم ٣.

وكان من الممكن حساب مقدار الاستهلاك من الفرق بين كميتي الحفر والردم. من نهاية المنحنى نرسم خط أفقى يقطع المنحنى فى نقطة (أ) فيكون هو خط الصفر. نقطع المنحنى بخط أفقى بمسافة ٣٠٠ قدم وهى مسافة النقل المسموح به فتحدد النقطتان ج ، د ثم نحدد النقطتين ج ، د ، عل خط الصفر وتنصف المسافة ج ، د ، د ، د نحصل على خط يوازى خط الصفر يقطع المنحنى فى نقطتين ه ، و يمثلان مركزى الكميتين أ ج ج ، ب د د .

مسافة النقل غير المسموح = ه و = ٨٨٠ - ٢٤٠ = ٦٤٠ قدم

مسافة النقل الزائد = مساحة النقل الكلية - مسافة النقل المسموح

$$= ٦٤٠ - ٣٠٠ = ٣٤٠ قدم$$

كمية النقل الزائد = الحجم X مسافة النقل الزائد.

$$= ٣٤٠ \times ٩٣٥٠٠٠ = ٣١٥٠٠٠ قدم ٣$$

$$= ٩٣٥ وحدة نقل$$

حيث وحدة النقل = نقل حجم قيمته ١٠٠٠ قدم ٣ مسافة مقدارها قدم واحد. بعد القطاع الذى يحدد نهاية الكمية المستهلكة عن بداية المشروع = ١٢٠ قدم.

مثال،

حسبت كميات الحفر والردم من واقع قطاعات عرضية مأخوذة كل ١٠٠ متر على محور طريق الإنشاء فكانت كما يلى فى الجدول التالى:

ارسم منحنى التوزيع الكمي لهذه الكميات ووضع عليه كميات النقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح ١٥٠ متر ، حدد أيضاً كميات القرض أو الاستهلاك وبعد مركز ثقلها عن بداية المشروع وكميات الأثرية التى ستنتقل نقلاً زائداً ومراكز ثقلها ومسافات نقلها الكلى ونقلها الزائد.

القطاع	حضر(م) ^٢	ودم(م) ^٢
صفر	٦٠٠	
١٠٠	١٥٠٠	
٢٠٠	١٧٠٠	
٣٠٠	٨٠٠	
٤٠٠		٤٠٠
٥٠٠		٢٠٠٠
٦٠٠	١١٠٠	
٧٠٠	١٥٠	
٨٠٠	٤٥٠	
٩٠٠	١٠٠٠	
١٠٠٠	٢٥٠	
١١٠٠		١١٠٠
١٢٠٠	١٢٥٠	
١٣٠٠	٦٥٠	
١٤٠٠		

الحل، أولاً - حساب إحصائيات المنحنى :

تحسب إحصائيات المنحنى على أساس تجميع الكميات من أول المشروع إلى القطاعات المختلفة كما يلي:

القطاع	حضر(م) ^٢	القطاع	الكمية(م) ^٢
صفر	صفر		
١٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٢٥٠

١٧٠٠	٩٩٠٠	٢٢١٠	٢٢٠٠
٢٧٠٠	١٠٠٠	٣٨٨٠	٣٠٠٠
٢٩٥٠	١١٢٠٠	٤٦٩٠	٤٤٠٠
١٨٥٠	١٢٢٠٠	٤٢٢٠	٤٥٠٠
٣٠٠٠ -	١٣٢٠٠	٢٢٢٠	٤٦٠٠
٩٥٠٠ -	١٤٠٠٠	١١٠٠	٤٧٠٠

ثانياً - رسم المنحني :

رسم المنحني باعتباره المحور الأفقي ممثلاً للمسافات بالمتر والرأسي ممثلاً للكميات بالمتر المكعب . من الرسم نجد أن للمنحني قمتين وبطن وهذا دليل على وجود كميات حفر حتى القمة الأولى ثم ردم من القمة الأولى وحتى البطن ثم حفر من البطن وحتى القمة الثانية ثم ردم من القمة الثانية حتى نهاية المشروع . ومن المنحني نجد أن آخر إحداثي بالسالب أي أن هناك قرحاً بمعنى أن كميات الحفر الكلية لا تعطي كميات الردم المطلوبة فيجب الحصول على أثرية من خارج الموقع لتغطية القصر .

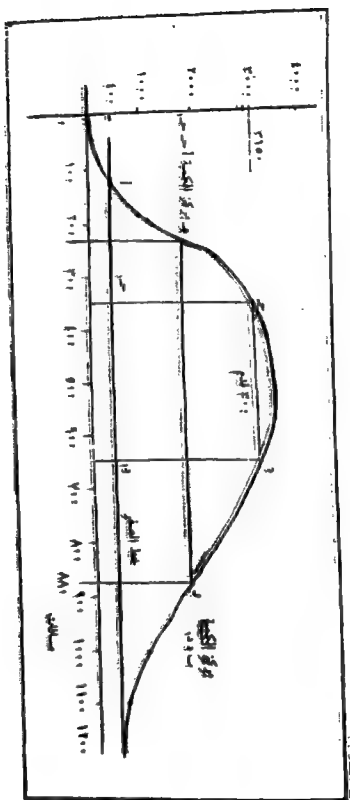
ثالثاً - النتائج :

لتحديد كميات النقل المسموح أخذت خطوط أفقيه بطول مسافة النقل المسموح (١٧٥٠ م) على كل من القمة الأولى (المسافة AB) وعلى البطن المسافة (BD) وعلى القمة الثانية لمسافة (EF) فتكون الإحداثيات الرأسية المحصورة من هذه الخطوط وحتى القمة (أو البطن) هي عبارة عن كمية الأثرية التي ستقل نقلاً مسموحاً وعلى هذا يكون :

$$\text{كمية الأثرية الأولى المنقولة نقلاً مسموحاً (١)} = ٣٠٠٠ \text{ م}^٣$$

$$\text{كمية الأثرية الثانية المنقولة نقلاً مسموحاً (٢)} = ٢٠٠٠ \text{ م}^٣$$

$$\text{كمية الأثرية الثالثة المنقولة نقلاً مسموحاً (٣)} = ٣٥٠٠ \text{ م}^٣$$



شكل رقم (١٨٧)

أى أنه بالنسبة للمنطقة الأولى سيأخذ عن الحفر وابتداءً من القطاع عند النقطة A كمية قدرها ٣٠٠ م^٣ ستنتقل يدوياً أو بالبلدوزرات نقلاً مسموحاً إلى منطقة الردم وحتى القطاع B - كذلك هناك كمية أثرية قدرها ٢٠٠ م^٣ ستنتقل نقلاً مسموحاً من منطقة الحفر الثانية ابتداءً من القطاع عند D إلى منطقة الردم الأولى وحتى القطاع عند C وهناك كمية ثالثة قدرها ٣٥٠ م^٣ ستنتقل نقلاً مسموحاً من منطقة الحفر الثانية ابتداءً من القطاع عند E إلى منطقة الردم الثانية وحتى القطاع عند F كما هو موضح فى الكروكي الذى يمثل القطاع الطولى للمشروع وموضحاً عليه أماكن الحفر والردم. (شكل ١٤٨).

ومن المنحنى نجد أن هناك كمية أثرية فى منطقة الردم الأولى محصورة من القطاع عند B وحتى القطاع عند C يجب أن تنقل من الأثرية ما يناظرها من منطقة الحفر الأولى ، وإجراء ذلك نمد خطاً أفقياً من نقطة C على المنحنى يقطعه فى نقطة C (القطاع فى منطقة الحفر الذى سنبداً منه نقل الأثرية إلى منطقة الردم) . وبذا فإن كمية الأثرية فى الحفر المحصورة بين القطاعين A , G ستنتقل نقلاً غير مسموح به لتغطى كميات الردم المطلوبة بين القطاعين B , C . ومن الرسم فى هذه الكمية هى الإحداثى الرأسى المحصور بين الخطين الأفقيين BA, CG الإحداثى (٤) .

أى أن (٤) = ٣٠٠ م^٣

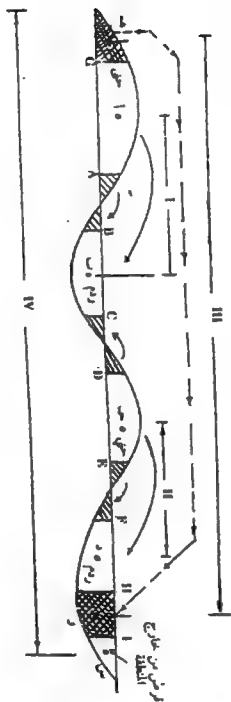
وتكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية هى المسافة I من مركز ثقل جزء الحفر (أ) إلى مركز ثقل جزء الردم (ب) حيث :

$$I = ٣٣٥ \text{ متر (شكل ١٤٩)} .$$

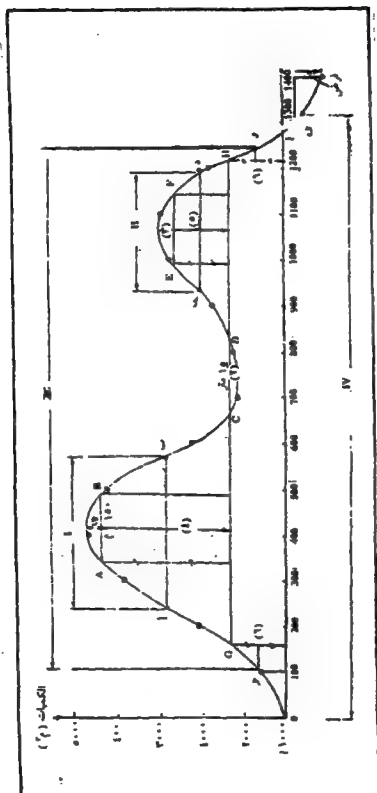
وبذا فإن مسافة النقل الزائد لهذه الكمية = ٣٣٥ - ١٥٠ = ١٨٥ متر

ومن المنحنى والكروكي نجد أن هناك كمية حفر محصورة من القطاع D وحتى القطاع E تناظر كمية ردم محصورة من القطاع F وحتى القطاع H - هذه الكمية تحدد بالإحداثى الرأسى (٥) المحصورة بين الخطين الأفقيين EF, HD وعليه فإن :

$$(٥) = ١٣٠٠ م^٣$$



شکل رقم (۱۸۸)



شكل رقم (١٤٩)

وتكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية ستنقل نقلاً غير مسموح هي المسافة بين مركزي ثقل الكميتين (ج ، د) إلى المسافة II أي أن:

$$II = 260 \text{ متر}$$

وبذا فإن مسافة النقل الزائد لهذه الكمية = $260 - 150 = 110$ متر.

ومن المنحنى والكروكي نجد أن كميات الأتربة الناتجة من أول المشروع عند G تساوي كميات الأتربة المطلوبة للردم من أول القطاع H وحتى القطاع I. هذه الكمية تساوي الإحداثي (٦) حيث :

$$(٦) = 1300 \text{ م}^3$$

وعليه تكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية هي المسافة بين مراكز ثقل الكميتين في الحفر والردم (هـ ، و) أي المسافة III حيث :

$$III = 1135 \text{ متراً.}$$

وهذه المسافة مسافة ثقل غير مسموح.

ومن المنحنى نجد أن قيمة القرض هي 950 م^3 وبعد مركز هذه الكمية من عن بداية الشروع هو البعد IV الذي يساوي:

$$IV = 1315 \text{ متر.}$$

مسائل

١- حسب كميات الحفر والردم بالتر المكعب على طول قطاع طريق مقترح وكانت كما هو مبين بالجدول الآتي:

ارسم منحنى التوزيع الكمي وعين منه مقدار الأتربة المستهلكة أو المقترضة ثم عين كمية الأتربة التي سوف تنقل نقلاً مسموحاً به إذا كانت مسافة النقل المسموح هي 120 متر.

وما هي الكمية التي سوف تنقل نقلاً زائداً وما هي مسافة النقل الكلية لها ومسافة النقل الزائد.

حدد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة أو المقترضة عن بداية المشروع.

مسافة (متر)	حفر (م ^٣)	ردم (م ^٣)
صفر		
١٠٠	٣٥٠	
٢٠٠	٥٥٠	
٣٠٠	٧٠٠	
٤٠٠	٢٥٠	
٥٠٠		١٥٠
٦٠٠		٣٥٠
٧٠٠		٤٥٠
٨٠٠		٦٦٠

٢- حسب كميات الحفر والردم من واقع قطاعات عرضية مأخوذة كل ١٠٠ متر علي محور طريق تحت الإنشاء فكانت :

القطاع	حفر (م ^٣)	ردم (م ^٣)	القطاع	حفر	ردم
صفر			٧٠٠		
٦٠٠			١٥٠		
١٠٠			٨٠		
١٥٠٠			٤٥٠		
٢٠٠			٩٠٠		
١٧٠٠			١٠٠٠		

القطاع	حفر (م) (م)	القطاع	حفر	ردم
٣٠٠	٨٠٠	١٠٠٠	٢٥٠	
٤٠٠	١١٠٠			١١٠٠
٥٠٠	١٢٠٠			٢١٥٠
٦٦٠	١٣٠٠			٦٥٠
٧٠٠	١٤٠٠			

ارسم منحني التوزيع الكمي لهذه الكميات ووضح عليه كميات النقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح ١٥٠ تر - حدد أيضاً كميات القرض أو الاستهلاك وبعد مركز ثقلها عن بداية المشروع وكميات الأتربة التي ستقل نقلًا زائدا ومراكز ثقلها ومسافات نقلها الكمي ونقلها الزائد.

٣- من المعلومات التالية ارسم منحني التوزيع الكمي (Mass Diag) وإذا كانت مسافة النقل المسموح بها ٥٠٠ متر . فبين مقدار النقل الزائد على الشكل. وبين إذا كانت هناك كميات مستهلكة أو اقتراض وما هي قيمتها.

٤- حسبت كميات الحفر والردم علي قطاع طولي أخذ على محور طريق على مسافات كل ٥٠٠ متر فكانت كالتالي (+ حفر - ردم).

قطاع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الكمية $\times ٣٠٠$	٣,٧	٩,١	١٥,٠	١٣,٩	٦,٤	١,٤	٥,٦			

٥,٦ - ١٨,٩ - ١٩,٤ -

الكيلومتر	حضر	ردم	الكيلومتر	حضر	ردم
(م)	(م)	(م)	(م)	(م)	(م)
صفر					
	٢٣٨				١٤٧
٠,١٠٠					
	٤١٦				٢٥٢
٠,٢٠٠					
	٥٩٢				٢١٠
٠,٣٠٠					
	١٠٣				٩٠٥
٠,٤٠٠					
	١٢٦				٦٨٣
٠,٥٠٠					
	٢٤٤				
٠,٦٠٠					

انقل رسم منحني التوزيع الكمي ومنه عين كمية النقل الزائدة إذا كانت مسافة النقل المسموح به هي ١٥٠ متراً . أوجد تلك الكمية المنقولة في حدود مسافة المشروع مقدرة بوحدة النقل.

الباب الحادى عشر المساحة التاكيومترية Tacheometry

يتلخص موضوع القياس التاكيومتري فى تحديد المسافات الأفقية والأبعاد الرأسية بين النقط المختلفة من واقع أرصاد من جهاز يسمى التاكيومتر بطرق سريعة ودقة مقبولة دون الالتجاء إلى عملية القياس المباشر.

وتعد المساحة التاكيومترية من أهم الطرق الأساسية المتبعة فى القياسات الأفقية والرأسية، ومعنى كلمة (التاكيومترية) هو (القياس السريع).

والتاكيومتر عبارة عن تيودوليت مجهز بتركيبات خاصة لإيجاد المسافات والارتفاعات بإجراء بعض العمليات الحسابية ، وفى بعض الأجهزة يمكن الحصول على المسافات والارتفاعات إما بدون عمليات حسابية على الإطلاق أو بعمليات حسابية بسيطة جداً.

ومع التقدم والتطور فى صناعة الأجهزة المساحية أمكن الحصول على دقة عالية جداً فى القياسات التاكيومترية.

أغراض المساحة التاكيومترية،

نستعمل المساحة التاكيومترية فى أغراض كثيرة أهمها:

- ١- رفع وبيان التفاصيل الطبوغرافية للمناطق المتسعة كمناطق التشجير ومصدات الرياح ومناطق استصلاح الأراضى.
- ٢- عمل خرائط كونتورية خاصة فى الأراضى غير المستوية (ذات الطبوغرافية الوعرة) حيث يصعب بل يستحيل القياس المباشر.
- ٣- التوقيع الميدنى للأعمال الهندسية وعمل القطاعات الطولية وكذلك تستعمل فى المساحة الهيدروجرافية وفى تعيين معدلات الانحدارات للمشاريع الممتدة.

٤- قياس أطوال المضلعات حيث تحسب أطوال أضلاعها مع قياس الزوايا بين هذه الأطوال من وضع رصد واحد كما هو الحال في استعمال قضيب انفار مع التودوليت الحديث.

٥- تستخدم التاكيومترية بكفاءة عالية في أعمال المساحة باللوحه الممتوية (البلاشيطه) حيث توفر أعمال القياسات الطولية المباشرة وذلك باستخدام اليداد البلاشيطه كجهاز تاكيومتر.

نظريات المساحة التاكيومترية،

ويمكن استنتاج وتحديد المسافة الأفقية بين النقطة المثبت فوقها الجهاز المستعمل وأي نقطة أخرى معلومة وكذلك منسوب هذه النقطة الأخيرة بالنسبة لمستوى سطح الجهاز (أو تحديد فرق المنسوب) من واقع المعلومات التالية:

١- الزاوية المقاسة بواسطة الجهاز والمقابلة لمسافة صغيرة معروفة عند النقطة المعلومة (وهذه الزاوية إما أفقية أو رأسية ويطلق عليها زاوية البرالاكس) والمسافة الصغيرة تعرف (بالقاعدة) أو (المسافة المقطوعة) وهي تتنوع بتنوع الطرق والأجهزة المستخدمة ، فيمكن أن تكون إما مسافة مقطوعة على قامة رأسية أو مسافة أفقية مقروءة على قامة أفقية عند نقطة الهدف أو على نفس الجهاز.

٢- زاوية ارتفاع أو انخفاض النقطة عن موقع الجهاز ، وزاوية البرالاكس يمكن أن تكون ثابتة القيمة أو متغيرة حسب نوع الجهاز والطريقة المستعملة. والأساس الرياضى للتاكيومترية هو تكوين مثلثات فراغية في مستوي رأسي أو أفقي نحصل منها علي المسافة وفرق النسب بين طرفي الخط المقيس .

طرق المساحة التاكيومترية،

يمكن تقسيم الطرق المستخدمة في التاكيومتر إلى مجموعتين أساسيتين:

المجموعة الأولى:

هى الطرق التي تكون فيها القاعدة عند وضع الهدف ، وزاوية البرالاكس عند موضع الرصد. وتتميز طرق هذه المجموعة بأن دقتها عالية.

المجموعة الثانية:

وهى الطرق التي تكون فيها القاعدة عند موضع الرصد وزاوية البرالاكس عند موضع الهدف. ويلاحظ أن طرق هذه المجموعة محدودة الدقة.

كلا من المجموعتين تحتوى:

- أ - أجهزة التاكيومترية زاوية البرالاكس بها ثابتة القيمة والقاعدة متغيرة.
- ب - أجهزة التاكيومترية زاوية البرالاكس بها متغيرة القيمة والقاعدة ثابتة وسوف نتناول بالشرح الطرق المختلفة لكلا المجموعتين تفصيلاً . وهذه الطرق هى:

طرق وأجهزة المجموعة الأولى:

- ١- طرق شعرات القياس (شعرات الأستاذيا) (Stadia Hair) وتشمل أجهزة خاصة بها لتبسيط العمليات الحسابية والعمل الحقلى.
- ٢- طريقة الظلال: (Tangent Method) والأجهزة الخاصة بها لتبسيط العمليات الحسابية والعمل الحقلى.
- ٣- طريقة قضيب الأنصار: (Subtense Bar).
- ٤- طريقة منشور المسافة (Subtense Wedge) وتعتمد على نظام الصور المزدوجة (والأجهزة الخاصة بها لتبسيط العمليات الحسابية والعمل الحقلى.

طرق وأجهزة المجموعة الثانية:

وجميع أجهزتها تعتمد على نظام الصور المزدوجة
ومن أمثلتها:

١- جهاز التليوتوب والأجهزة المشابهة.

وفيه تكون زاوية البرالاكس ثابتة القيمة والقاعدة متغيرة.

٢- جهاز القاعدة المختزل BRT 009 والأجهزة المشابهة الذي فيه كل من زاوية
البرالاكس والقاعدة متغيرة.

٣- جهاز تليومتر وجهاز مرحد المسافات وجهاز ستريو تليومتر والأجهزة
المشابهة وبها تكون زاوية البرالاكس متغيرة والقاعدة إما ثابتة أو متغيرة.

طريقة شعرات الأستاذيا Stadia Hair System

تعتبر طريقة شعرات الأستاذيا من أسهل الطرق وأكثرها استعمالاً خاصة في الأعمال التفصيلية التي لا تتطلب "دقة عالية" وإن كانت دقتها محدودة نظراً لتنوع الأخطاء.

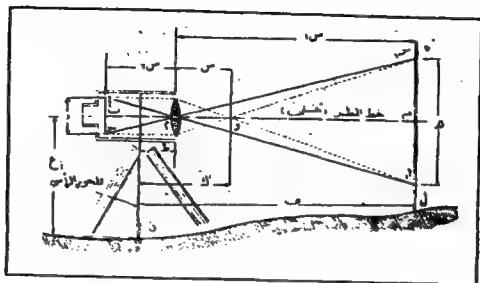
في هذه الطريقة يستعمل تاكيومتر يزود دليله بشعرتين أفقيتين إضافيتين أعلى وأسفل الشعرة الأفقية الأساسية (عادة أقصر منها في الطول) وعلى يدي متساويين من الشعرة الوسطي. ويطلق على هاتين الشعرتين اسم (شعرتي الأستاذيا) . ومعظم التيودوليتات العادية وأليداد البلاشيطه مجهزة بمثل هذه الشعرات. ويستعمل مع التاكيومتر قامة عادية مدرجة كالمستعملة في الميزانية.

وفي طريقة شعرات الأستاذيا تؤخذ الأرصاد والقراءات اللازمة لتعيين بعد وارتفاع نقطة بتوجيه منظار الجهاز مرة واحدة إلى قامة رأسية موضوعة فوق هذه النقطة، ثم تؤخذ قراءتا القامة عند شعرتي الأستاذيا ومنها يمكن حساب المسافة بين محور المنظار وموقع القامة ، فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة من المنظار فإن الجزء المقطوع على القامة والمحصور بين شعرتي الأستاذيا يتغير تبعاً لذلك ، ويتوقف مقداره على بعد القامة من الجهاز وبذا فإن الجزء المقطوع على القامة يعتبر مقياساً للبعد بين القامة والجهاز وزاوية البراكس في هذه الحالة ثابتة القيمة.

حساب المسافة والبعء الرأسى:

أولاً - حالة النظرات الأفقية:

وهي الحالة التي لا يكون فيها زوايا ارتفاع أو انخفاض ويكون فيها المنظار أفقياً أى خط النظر أفقياً ، أما الحالة العامة فالمنظار فيها يكون مائلاً ويتطلب الأمر حينئذ قياس زاوية ارتفاع أو انخفاض خط النظر عن الاتجاه الأفقى.



شكل رقم (١٥٠)

لدينا في شكل (١٥٠)

م : المركز البصري للعدسة الشيئية أ ، ج : شعرتا الأستاذيا.

ب : الشعرة الأفقية الوسطى أ^١ ، ب^١ ، ج^١ : قراءات الشعرات.

س : البعد البؤري للشيئية.

س^١ : المسافة الأفقية بين القامة والمركز البصري للشيئية.

س^٢ : البعد الأفقي بين مركز الشيئية ومحتوي حامل الشعرات.

ط : البعد الأفقي بين المركز البصري للشيئية والمحور الرأسى للدوران.

هـ : المسافة المقطوعة على القامة بين شعرتى الأستاذيا = أ^١ج^١.

المثلثان أ^١م ج^١ ، أ^١م ج^١ متشابهان:

(١)

$$\frac{س^١}{د} = \frac{س^٢}{هـ}$$

$$(٢) \quad \frac{١}{٢س} + \frac{١}{١س} = \frac{١}{س}$$

حيث س ، س٢ بعدان ليؤرتين متبادلتين للشبثية .

ويضرب المعادلة (٢) في س١ س ينتج :

$$(٣) \quad س١ = س + س١ \cdot \frac{س١}{س٢}$$

ويتعريض قيمة : $\frac{س١}{س٢}$ من المعادلة (١) في المعادلة (٢) ينتج :

$$(٤) \quad س١ = س + س \cdot \frac{هـ}{د}$$

وبإضافة ط إلي كل من الطرفين ينتج أن :

(١٠٧)

$$ن = هـ \cdot \frac{س}{د} + (س + ط)$$

حيث $\frac{س}{د}$ ، (س + ط) قيم ثابتة للجهاز .

ويسميان بالثابت التاكيومترى (ث) والثابت الإضافى (هـ) على الترتيب
والثابت التاكيومترى ث عادة يكون رقماً مناسباً (١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٥٠٠) والثابت
الأضافى (ك) يتراوح عادة بين ٣٠ ، ٦٠ ستنبت حسب نوع الجهاز.

(١٠٨)

المسافة الأفقية = الفرق بين قراءتي شعرتي الأستاذيا \times
الثابت التاكيومتري + الثابت الإضافي

ف = ث هـ + ك

(١٠٩)

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز

+ ارتفاع الجهاز

- قراءة الشعرة الوسطى

منسوب ل = منسوب ن + ع - ب

ثانياً - النظريات الماثلة:

في هذه الحالة تؤخذ الأرصاد التالية:

١- قراءات الشعرات الثلاث على القامة.

٢- (ن) زاوية ارتفاع أو انخفاض خط النظر عن الأفقي أثناء الرصد على القامة .

في شكل (١٥١) - (١٥٢) :

م = المسافة الماثلة بين المحور الرأسى للجهاز وبين ب نقطة تقاطع خط النظر مع القامة .

ص = البعد الرأسى بين سطح الجهاز ونقطة ب .

نفرض أن أ ب ج ٢ رسم عمودياً على م ب .

وبما أن الزاوية أ ب ٢ = ن ، الزاوية أ ب ١ = ٩٠° تقريباً لأن أ ١

ب = م ب ج ١ - ب ١ م أ ١ والزاوية الأخيرة صغيرة جداً ويمكن إهمالها .

فيمكن اعتبار أ ٢ ج ٢ = هـ ج ١ جتا ن = هـ جتا ن

والواقع أن المعادلة الصحيحة دون إجراء التقريب هي:

$$١ هـ = هـ جتا ن - \left(\frac{جا ن}{جتا ن} \cdot ظا ي \right) \text{ والمقدار بين القوسين يمكن إهماله.}$$

$$م = \frac{س}{د} - (هـ جتا ن) + (س + ط)$$

$$\text{وحيث أن } م = هـ جتا ن$$

$$\therefore ف = هـ - \left(\frac{س}{د} \right) جتا^2 ن + ط جتا ن$$

(١١٠)

$$ف = ث - هـ جتا^2 ن + ك - جتا ن$$

ولإيجاد منسوب النقطة ل (موقع القامة)

$$\text{ونفرض أن } ع ب = ص = ف ظا ن$$

$$ص = هـ - \frac{س}{د} - جتا ن جان + (س + ط) جان$$

$$ص = ث - هـ - جتا ن جان + ك جان$$

(١١١)

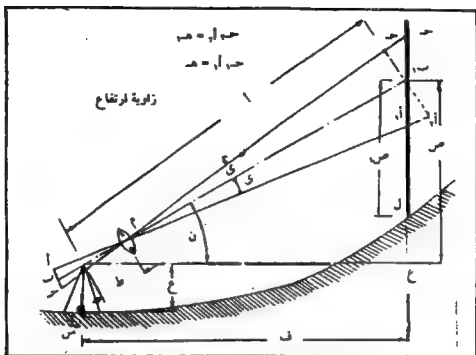
$$ص = \frac{١}{٢} - ث - هـ - جا^2 ن + ك جان$$

(١١٢)

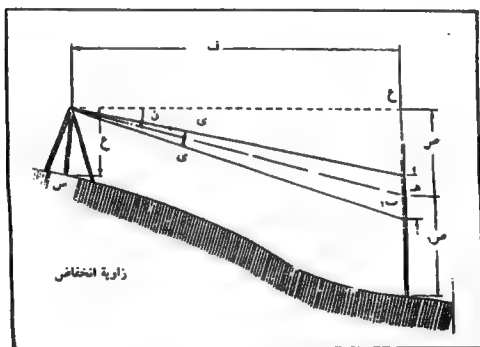
منسوب نقطة القامة (في حالة زاوية الارتفاع)

$$= \text{منسوب نقطة الجهاز} + \text{ارتفاع الجهاز (ع)}$$

$$+ ص - \text{قراءة الشعرة الوسطى (ص١)}$$



شكل ١٦٠



شكل رقم (١٥٧)

= منسوب الجهاز + ارتفاع الجهاز ع - ص - قراءة الشعرة الوسطى ص. ١.

منسوب نقطة القامة (في حالة زاوية الانخفاض)

= منسوب الجهاز ع - ص - ص. ١

(١١٣)

مثال:

رصدت قامة موضوعة فوق روبير منسوبه ٩٠ ٨٠ م فكانت قراءات الشعرات هي على التوالي ١٠٠ ، ٢٥٧ ، ٤١٤ م وزاوية الانخفاض ٢٢° ٥٠. نقلت القامة إلى نقطة ب فكانت القراءات صفر ٨٨ ، ١٠٣ ، ٣٧٦ م وزاوية الارتفاع ١٨° ٤٠. أوجد المسافة الأفقية بين الجهاز ونقطة ب وكذلك منسوب ب إذا علم أن الثابت التاكسيومتري = ١٠٠ والثابت الإضافي = ٣٠ سم عند الرصد على الروبير.

ص = (٤١٤ - ١٠٠) × ١٠٠ - جا ١١° ٤٠ + ٣٠ ، جا ٣٢° ٥٠

= ٣٠٣ + ٣٠٠ = ٣٠٣٦ متر

منسوب سطح الجهاز = ٨٠٠ + ٢٥٧ + ٣٠٣٦ = ٣١٩٣ متر

المسافة الأفقية ف إلى ب = (٣٧٦ - صفر) × ١٠٠ جتا ١٨° ٤٠

+ ٣٠٠ جتا ١٨° ٤٠

= ٣٨٤ ر ١٤ متر

عند الرصد على النقطة (ب).

ص = ف ظا ن = ٣٨٤ ر ١٤ ظا ١٨° ٤٠

= ٣٨٤ ر ١٤ × ٧٥٢ = ٢٨٨٨ متر

منسوب ب = ٣١٩٣ + ٢٨٨٨ - ١٨٨ = ٣٩٧٣ مترًا.

إيجاد قيم جتا^٢ ن ، جان جتا ن ،

تستعمل عدة طرق لتبسيط إيجاد القيم المذكورة كما يلي:

١- جداول رياضية.

٢- الآلات الحاسبة : وهي تعطى مباشرة قيم ف ، ص .

جدول المسافة الأفقية وفرق المنسوب:

وهذه الجداول تعطى المسافة الأفقية (ف) وفرق المنسوب (ص) لزوايا ارتفاع أو انخفاض مختلفة بفترات قدرها دقيقتين ابتداء من الصفر حتى ٣٠° وذلك لمسافة مقطوعة على القائمة قدرها ١ متر.

ونحصل على المسافة الأفقية (ف) أو فرق المنسوب (ص) وذلك بضرب القيمة المستنتجة من الجدول في المسافة المقطوعة.

وفي أسفل الجدول نجد قيم الثابت الإضافي لمقادير ٢٠ سم ، ٣٠ سم ، ٤٠ سم.

ولكيفية استعمال الجدول ففي المثال السابق لإيجاد ف ، ص نبحث عن ف ، ص للزاوية ١٨° ٤' ومن الجدول :

$$ف = ٩٩ر٤٤ \quad ص = ١٧,٤٨$$

بضرب هذه القيم في المسافة المقطوعة هـ وبإضافة قيمة الثابت الإضافي من الجدول فيكون:

$$ف = ٩٩ر٤٤ \times ٣٨٦ + ٠,٣ = ٣٨٤١٤ \text{ متر.}$$

$$ص = ١٧,٤٨ \times ٣٨٦ + ٠,٣ = ٦٨٨٨ \text{ متر}$$

العدسة التحليلية: (Anallactic Lens)

هي عبارة عن عدسة إضافية موجهة أحد سطحيها محدب والآخر مستوى وتوضع بين الشيئية وحامل الشعرات بفرض التخلص من الثابت الإضافي في

المعادلات السابقة وذلك بجعله مساوياً للصفر ، ومن ثم تبسيط العمليات الحسابية إلى حد كبير.

تعيين الثابت التاكويومتري والثابت الإضافي،

في المعادلات التاكويومترية ومشتقاتها يجب أن يكون الثابتان معلومين في أى جهاز والثابتان يقدران في المصنع ويكتبان عادة داخل صندوق الجهاز.

والثابت الإضافي ليس ثابتاً تماماً إذ أن (ط) تتغير تغيراً طفيفاً تبعاً لطول النظرات نتيجة لتحرك الشبكية عند التطبيق ويندر أن يتجاوز تحركها كسراً صغيراً من البوصة إذ أن النظرات القصيرة نادرة الحدوث ومن ثم يمكن اعتبار (س + ط) مقداراً ثابتاً .

وبالرغم من وجود قيمتى الثابتين داخل صندوق الجهاز فإنه يجب قبل العمل أن نعين قيمتيهما الحقيقيين بقدر المستطاع. ولإيجاد قيمة كل من الثابتين نتبع الخطوات التالية:

١- نثبت الجهاز فوق نقطة (أ) مثلاً على أرض مستوية وندق أوتاد أو شوك على أبعاد ٣٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠ متراً وتقاس هذه المسافات بالشرط الصلب بدقة وعناية.

٢- نأخذ قراءات شعرات الأمستاديا بعناية تامة على كل قامة عند النقط المختلفة ويفضل أن تكون موضوعة بحيث تواجه الشمس لتظهر واضحة تماماً ، ويراعى عند القراءة أن نسحو خطأ الوضع تماماً عند التطبيق . وفي كل مرة نأخذ مجموعتين من الأرصاد بواسطة شخصين مختلفين للتحقيق ثم يؤخذ المتوسط.

٣- تحسب ١هـ ، ٢هـ ، ٣هـ ، ٤هـ وهي المسافات المقطوعة على القامة فوق النقط المختلفة وإلى أقرب مليمتر إذ أن الخطأ في الستيمتر الواحد في قراءة القامة يقابله خطأ قدره متراً في المسافة.

٤- نعوض بالقيم التي حصلنا عليها في معادلة المسافة الأفقية فنحصل على أربع معادلات آنية المجهول فيها الثابتان $\frac{س}{د}$ ، (س + ط).

٥- إذا لم تتمكن من أخذ نظرات أفقية فنأخذ نظرات مائلة وتطبق المعادلات.

٦- يجب أن نأخذ أكثر من مسافتين للتحقيق.

٧- نحل كل زوج من المعادلات مع بعض فنحصل علي عدة قيم ويجب ألا يختلف عن بعض بأكثر من نصف في المائة نأخذ متوسط القيم الناتجة لتستعمل في الجهاز.

٨- إذا كانت الدقة المطلوبة كبيرة يستحسن إيجاد قيمة $\frac{1}{d}$ عدة مرات تحت ظروف جوية مختلفة وفي مختلف ساعات النهار، واختلاف تأثير الانكسار علي قراءتي شعرات الاستاديا يعد مصدر خطأ عام في إيجاد قيمة $\frac{1}{d}$ ، ففي المنطقة القريبة من سطح الأرض تتغير كثافة طبقات الهواء بسرعة تبعاً لبعدها عن الأرض وتبلغ ذروة الانكسار في ساعات منتصف النهار بينما يصل الحد الأدنى في الصباح الباكر وعند الغروب.

جداول المسافة الأفقية وفرق المنسوب

٣		٢		١		صفر		
فرق النسب	المسافة الأفقية	فرق النسب	المسافة الأفقية	فرق النسب	المسافة الأفقية	فرق النسب	المسافة الأفقية	ملاحظات
٥,٢٣	٩٩,٧٣	٣,٤٩	٩٩,٨٨	١,٧٤	٩٩,٩٧	٠,٠٠	١٠٠,٠٠	٠
٥,٣٤	٩٩,٧١	٣,٦٠	٩٩,٨٧	١,٧٦	٩٩,٩٧	٠,١٢	١٠٠,٠٠	٤
٥,٤٦	٩٩,٧٠	٣,٧٢	٩٩,٨٦	١,٩٨	٩٩,٩٦	٠,٢٢	١٠٠,٠٠	٨
٥,٥٧	٩٩,٦٩	٣,٧٤	٩٩,٨٥	٢,٠٩	٩٩,٩٦	٠,٣٥	١٠٠,٠٠	١٢
٥,٦٩	٩٩,٦٨	٣,٧٥	٩٩,٨٤	٢,٢١	٩٩,٩٥	٠,٤٧	١٠٠,٠٠	١٦
٥,٨٠	٩٩,٦٦	٤,٠٧	٩٩,٨٣	٢,٣٣	٩٩,٩٥	٠,٥٨	١٠٠,٠٠	٢٠
٥,٩٢	٩٩,٦٥	٤,١٨	٩٩,٨٢	٢,٤٤	٩٩,٩٤	٠,٧٠	١٠٠,٠٠	٢٤
٦,٤٠	٩٩,٦٣	٤,٣٠	٩٩,٨١	٢,٥٦	٩٩,٩٣	٠,٨١	٩٩,٩٩	٢٨
٦,١٥	٩٩,٦٢	٤,٤٢	٩٩,٨٠	٢,٦٧	٩٩,٩٣	٠,٩٣	٩٩,٩٩	٢٣
٦,٢٧	٩٩,٦١	٤,٥٣	٩٩,٧٩	٢,٧٩	٩٩,٩٢	١,٠٥	٩٩,٩٩	٣٦
٦,٢٨	٩٩,٥٩	٤,٦٥	٩٩,٧٨	٢,٩١	٩٩,٩٢	١,١٦	٩٩,٩٩	٤٠
٦,٥٠	٩٩,٥٨	٤,٧٦	٩٩,٧٧	٣,٠٢	٩٩,٩١	١,٢٨	٩٩,٩٨	٤٤
٦,٧٣	٩٩,٥٥	٤,٩٩	٩٩,٧٥	٣,٢٦	٩٩,٨٩	١,٥١	٩٩,٩٨	٥٢
٦,٨٤	٩٩,٥٣	٥,١١	٩٩,٧٤	٣,٣٧	٩٩,٨٩	١,٦٣	٩٩,٩٧	٥٦
٦,٩٦	٩٩,٥١	٥,٢٣	٩٩,٧٣	٣,٤٩	٩٩,٨٨	١,٧٤	٩٩,٩٧	٦٠
٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٢٠	ك = ٢٠
٠,٠٢	٠,٣٠	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠٠	٠,٣٠	ك = ٣٠
٠,٠٣	٠,٤٠	٠,٠٢	٠,٤٠	٠,٠٢	٠,٤٠	٠,٠١	٠,٤٠	ك = ٤٠

تابع جداول المسافة الأفقية وفرق المنسوب

٧		٦		٥		٤		
فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	مقاس
١٢,١٠	٩٨,٥١	١٠,٤٠	٩٨,٩١	٨,٦٨	٩٩,٤٢	٦,٩٦	٩٩,٥١	٠
١٢,٢١	٩٨,٤٨	١٠,٥١	٩٨,٨٨	٨,٨٠	٩٩,٢٢	٧,٠٧	٩٩,٥٠	٤
١٢,٠٢	٩٨,٤٧	١٠,٦٢	٩٨,٨٦	٨,٩١	٩٩,٢٠	٧,١٩	٩٩,٤٨	٨
١٢,٤٣	٩٨,٤٣	١٠,٧٤	٩٨,٨٣	٩,٠٣	٩٩,١٨	٧,٠٣	٩٩,٤٦	١٢
١٢,٥٥	٩٨,٤٠	١٠,٨٥	٩٨,٨١	٩,١٤	٩٩,١٦	٧,٤٢	٩٩,٤٥	١٦
١٢,٦٦	٩٨,٣٧	١٠,٨٦	٩٨,٧٨	٩,٢٥	٩٩,١٤	٧,٥٣	٩٩,٤٣	٢٠
١٢,٧٧	٩٨,٣٤	١١,٠٨	٩٨,٧٦	٩,٣٧	٩٩,١١	٧,٦٥	٩٩,٤١	٢٤
١٢,٨٨	٩٨,٣١	١١,١٩	٩٨,٨٣	٩,٤٨	٩٩,٠٩	٧,٧٦	٩٩,٣٩	٢٨
١٣,٠٠	٩٨,٢٨	١١,٣٠	٩٨,٧١	٩,٦٠	٩٩,٠٧	٧,٨٨	٩٩,٣٨	٣٢
١٣,١١	٩٨,٢٥	١١,٤٢	٩٨,٦٨	٩,٧١	٩٩,٠٥	٧,٩٠	٩٩,٣٦	٣٦
١٣,٢٢	٩٨,٢٢	١١,٥٣	٩٨,٦٥	٩,٨٣	٩٩,٠٣	٨,١١	٩٩,٣٤	٤٠
١٣,٣٣	٩٨,١٩	١١,٦٤	٩٨,٦٣	٩,٩٤	٩٩,٠٠	٨,٢٢	٩٩,٣٢	٤٤
١٣,٤٥	٩٨,١٦	١١,٧٦	٩٨,٦٠	١٠,٠٥	٩٨,٩٨	٨,٣٤	٩٩,٣٠	٤٨
١٣,٥٦	٩٨,٠٣	١١,٨٧	٩٨,٥٧	١٠,١٧	٩٨,٩٦	٨,٤٥	٩٩,٢٨	٥٢
١٣,٦٧	٩٨,١٠	١١,٩٨	٩٨,٥٤	١٠,٢٨	٩٨,٩٣	٨,٥٧	٩٩,٢٦	٥٦
١٣,٧٨	٩٨,٠٦	١١,١٠	٩٨,٥١	١٠,٤٠	٩٨,٩١	٨,٦٨	٩٩,٣٤	٦٠
٠,٠٣	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٢٠ = ٢
٠,٠٤	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٣٠ = ٣
٠,٠٥	٠,٤٠	٠,٠٥	٠,٤٠	٠,٠٤	٠,٤٠	٠,٠٣	٠,٤٠	٤٠ = ٤

تابع جداول المسافة الأفقية وفرق المنسوب

١١		١٠		٩		٨		مفاصل
فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	
١٨,٧٣	٩٦,٣٦	١٧,١٠	٩٦,١٨	١٥,٤٥	٩٧,٥٥	١٣,٧٨	٩٨,٠٦	٠
١٨,٨٤	٩٦,٣٦	١٧,٦١	٩٦,٩٤	١٥,٥٦	٩٧,٥٢	١٣,٧٩	٩٨,٠٣	٤
١٩,٩٥	٩٦,٣٧	١٧,٢٢	٩٦,٩٠	١٥,٦٨	٩٧,٤٨	١٤,٠١	٩٨,٠٠	٨
١٩,٠٥	٩٦,٣٣	١٧,٤٣	٩٦,٨٦	١٥,٧٨	٩٧,٤٤	١٤,١٢	٩٨,٩٧	١٢
١٩,١٦	٩٦,١٨	١٧,٥٤	٩٦,٨٢	١٥,٨٩	٩٧,٤١	١٤,٢٣	٩٧,٩٣	١٦
١٩,٢٧	٩٦,١٤	١٧,٦٥	٩٦,٧٨	١٦,٠٠	٩٧,٣٧	١٤,٢٤	٩٧,٩٠	٢٠
١٩,٠٨	٩٦,٥٩	١٧,٧٦	٩٦,٧٤	١٦,١١	٩٧,٣٣	١٤,٤٥	٩٧,٨٧	٢٤
١٩,٤٨	٩٦,٠٥	١٧,٨٦	٩٦,٧٠	١٦,٢٢	٩٧,٢٩	١٤,٥٦	٩٧,٨٣	٢٨
١٩,٥٩	٩٦,٠٠	١٧,٩٧	٩٦,٦٦	١٦,٣٣	٩٧,٢٦	١٤,٦٧	٩٧,٨٠	٣٢
١٩,٧٠	٩٥,٩٦	١٨,٠٨	٩٦,٦٢	١٦,٤٤	٩٧,٢٢	١٤,٩٧	٩٧,٧٦	٣٦
١٩,٧٠	٩٥,٩١	١٨,١٩	٩٦,٥٧	١٦,٥٥	٩٧,١٨	١٤,٩٠	٩٧,٧٣	٤٠
١٩,٠٩	٩٥,٨٦	١٨,٣٠	٩٦,٥٣	١٦,٦٦	٩٧,١٤	١٥,٠١	٩٧,٦٩	٤٤
٢٠,٠٢	٩٥,٨٢	١٨,٤١	٩٦,٤٩	١٦,٧٧	٩٧,١٠	١٥,١٢	٩٧,٦٦	٤٨
٢٠,١٢	٩٥,٧٧	١٨,١٥	٩٦,٤٥	١٦,٧٨	٩٦,٠٦	١٥,٢٣	٩٧,٦٢	٥٢
٢٠,٢٣	٩٥,٧٢	١٨,٢٦	٩٦,٤٠	١٦,٩٠	٩٧,٠٢	١٥,٢٤	٩٧,٥٩	٥٦
٢٠,٢٤	٩٥,٦٧	١٨,٣٣	٩٦,٣٦	١٧,١٠	٩٦,٩٨	١٥,٤٥	٩٧,٥٥	٦٠
٠,٠٤	٠,٢٠	٠,٠٤	٠,٢٠	٠,٠٣	٠,٢٠	٠,٠٣	٠,٢٠	٢٠ = ك
٠,٠٦	٠,٢٩	٠,٠٥	٠,٣٠	٠,٠٥	٠,٣٠	٠,٠٤	٠,٣٠	٣٠ = ك
٠,٠٨	٠,٣٩	٠,٠٧	٠,٣٩	٠,٠٧	٠,٣٩	٠,٠٦	٠,٣٩	٤٠ = ك

تابع جداول المسافة الأفقية و فرق المنسوب

١٥		١٤		١٣		١٢		مقاتل
فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	
٢٥,٠٠	٩٣,٣٠	٢٣,٤٧	٩٤,١٥	٢١,٩٢	٩٤,٥٤	٢٠,٣٤	٩٥,٦٨	٠
٢٥,٠١	٩٣,٢٤	٢٣,٥٨	٩٤,٩٠	٢٢,٢٠	٩٤,٨٩	٢٠,٤٤	٩٥,٦٣	٤
٢٥,٢٠	٩٣,١٨	٢٣,٦٨	٩٤,٠٤	٢٢,١٣	٩٤,٨٤	٢٠,٥٥	٩٥,٥٨	٨
٢٥,٣٠	٩٣,١٣	٢٣,٧٨	٩٣,٩٨	٢٣,٢٢	٩٤,٧٩	٢٠,٦٦	٩٥,٦٥	١٢
٢٥,٤٠	٩٣,٠٧	٢٣,٨٨	٩٣,٠٣	٢٢,٣٤	٩٤,٧٣	٢٠,٧٦	٩٥,٤٩	١٦
٢٥,٥٠	٩٣,٠١	٢٣,٩٩	٩٣,٨٧	٢٢,٤٤	٩٤,٦٨	٢٠,٨٧	٩٥,٤٤	٢٠
٢٥,٦٠	٩٢,١٥	٢٤,٠٩	٩٣,٨١	١٣,٤٥	٩٤,٦٠	٢٠,٩٨	٩٥,٣٩	٢٤
٢٥,٧٠	٩٢,٨٩	٢٤,٧٩	٩٣,٧٦	٢٢,٦٥	٩٤,٥٨	٢١,٠٩	٩٥,٣٤	٢٨
٢٥,٨٠	٩٢,٨٣	٢٤,٢٩	٩٣,٧٠	٢٢,٧٥	٩٤,٥٢	٢١,١٨	٩٥,٢٩	٣٢
٢٥,٩٠	٩٢,٧٧	٢٤,٣٩	٩٣,٦٥	٢٢,٨٥	٩٤,٤٨	٢١,٢٩	٩٥,٢٤	٣٦
٢٦,٠٠	٩٢,٧١	٢٤,٤٠	٩٣,٥٩	٢٢,٩٦	٩٤,٤٢	٢١,٣٩	٩٥,١٩	٤٠
٢٦,١٠	٩٢,٦٥	٢٤,٦٠	٩٣,٥٣	٢٢,٠٦	٩٤,٣٦	٢١,٥٠	٩٥,١٤	٤٤
٢٦,٢٠	٩٢,٥٩	٢٤,٧٠	٩٣,٤٧	٢٣,١٦	٩٤,٣٨	٢١,٦٠	٩٥,٠٩	٤٨
٢٦,٣٠	٩٢,٥٣	٢٤,٨٠	٢٩,٤٢	٢٣,٢٧	٩٤,٣٦	٢١,٧١	٩٥,٠٤	٥٢
٢٦,٤٠	٩٢,٤٦	٢٤,٩٠	٩٣,٢٦	٢٣,٣٧	٩٤,٢١	٢١,٧١	٩٤,٩٩	٥٦
٢٦,٥٠	٩٢,٤٠	٢٥,٠٠	٩٣,٢٠	٢٤,٤٧	٩٤,١٥	٩٤,٩٢	٩٤,٩٤	٦٠
٠,٠٥	٠,١٩	٠,٠٥	٠,١٩	٠,٠٥	٠,١٩	٠,٠٤	٠,٢٠	٢٠ = ك
٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٣٠ = ك
٠,١٠	٠,٣٠	٠,١٠	٠,٣٠	٠,٠٩	٠,٣٠	٠,٠٩	٠,٣٠	٤٠ = ك

ملحوظة ،

فى معادلات حساب المسافة (ف) وفرق المنسوب (ص) تكون قيمة الثابت الإضافى للجهاز (ك) مساوية الصفر وذلك لأن تبيدوليات كيرن مزودة بعدسة تحليلية.

تأثير الانكسار الجوى،

يجب عدم جعل القراءة السفلى قريبة من سطح الأرض فى الأيام الحارة حيث يزيد معدل التغير الحرارى فى المنطقة القريبة من سطح الأرض وحتى ارتفاع متر ونصف ، بلذا يحدث انكسار جوى كبير للشعاع الضوئى فى هذه المنطقة مما يسبب خطأ كبير فى القراءة السفلى لشعرات الأستاذيا . لذا يجب أن لا نأخذ القراءات فوق هذه المنطقة أو على هذا الارتفاع فى الأيام الحارة المشمسة، أما فوق هذا الارتفاع فإن هذا التأثير يقل بدرجة ملحوظة وبذا لا تتأثر القراءات كثيراً.

أجهزة خاصة لتبسيط العمليات الحسابية،

وذلك فى طريقة شعرات الأستاذيا ، وهذه الأجهزة والتركيبات تعتمد على فكرة شعرات الاستديا . وسواء أكان المنظار أم عدسة تحليلية أم لا فإن تعيين المسافة الأفقية والبعد الرأسى يحتوى على كثير من العمليات الحسابية، وقد جهزت بعض الأجهزة حديثاً بتركيبات صنعت بطريقة خاصة لتبسيط هذه العمليات إلى أقصى حد ممكن أو لقراءة المسافات الأفقية والأبعاد الرأسية مباشرة ، وتعرف هذه الأجهزة بالتاكيومترات المختزلة (Reducing Tacheometers).

وتنقسم هذه التاكيومترات أو التركيبات إلى قسمين:

أولاً - أجهزة ذات تركيبات خاصة وأشهرها قوس ييمان.

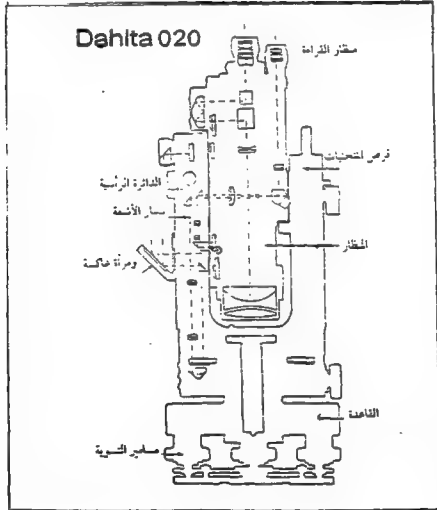
ثانياً - أجهزة تدار فيها خطوط أو منحنيات الأستاذيا آلياً مثل تاكيومتر دالتا "زايس (Dahltta)، (RDS) وايلد، DKR "كيرن".

تاكيومترات تدار بمنحنيات الأستاذيا فيها آلياً،

كان (F. Hammer) أول من ابتكر نظريات احلال المنحنيات بدلاً من شعرات الأستاذيا وقد انتجت شركة (فنيل) (Fennel) الألمانية أول جهاز تاكيومتر مزود بالمنحنيات وفكرتها هي الاستعاضة عن الشعرات بمنحنيات تعطينا مباشرة المسافات والأبعاد الرأسية دون الحاجة إلى استعمال جيوب وجيوب تمام الزوايا الرأسية . وفيما يلي بعض الأنواع الشائعة الاستعمال:

١- تاكيومتر دالتا (زائيس) (Dahita 020)،

هو أحد الأجهزة التاكيومترية ويمكن بواسطته تعيين المسافات الأفقية وفروق المناسيب مباشرة بدون عمليات حسابية وهو مزود بمنحنيات (تعرف بمنحنيات



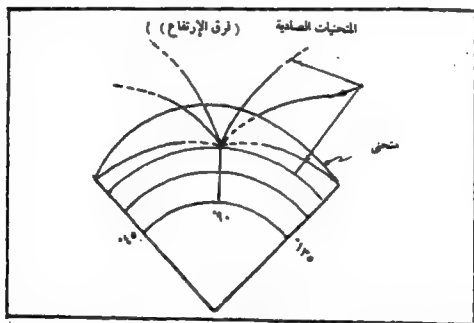
شكل رقم (١٥٣)

الاختزال) محفورة على قرص زجاجي يدور مع المنظار بدلاً من شعرات الاستدبابا
الثابتة وتظهر هذه المنحنيات واضحة عند مستوي حامل الشعرات وذلك بواسطة
مجموعة من المنشورات . وشكل (١٥٣) يوضح تاكيومتر زايس دالتا ومساكن
الأشعة . المنحنيات والخطوط الموجودة بهذا الجهاز هي:

منحنى الصفر ، ومنحنى المسافات ، ومنحنى الارتفاعات علاوة على شعرة
رأسية ثابتة لتحديد القامة كما يوجد شعرتا استاديا أعلا حامل الشعرات .
والشابت التاكيومتري لها هو ٢٠٠ ، تستعمل هذه الشعرات عند اختفاء
المنحنيات في حالة زوايا الارتفاع والانخفاض الكبيرة (أكبر من ٤٠°).

ويقوم منحنى الصفر مقام الشعرة الوسطى في التاكيومتر العادي.

وثابت المسافات الأفقية هو ١٠٠ والمعامل ك للأبعاد الرأسية هو ± ١٠ ،
شكل (١٥٤).



شكل رقم (١٥٤)

ولرؤية هذه المنحنيات في وضعها الصحيح يجب أن تكون الدائرة الرأسية على يسار الراصد ودائرة المنحنيات على يمينه أي يكون الجهاز متياسر ، وبالرصد على قامة الدالتا الرأسية يجعل منحنى الصفر منطبقاً على صفر القامة حتى يمكن قراءة القيمة ف جتا^٢ ن مباشرة على القامة مهما كان خط النظر مائلاً إلى أعلى أو إلى أسفل. ومنحنى المسافة يتكون من منحنى يمثل جا^٢ لزواية الميل تبدأ قيمته بالوحدة وذلك عندما يكون خط النظر أفقياً تماماً ويقترّب من منحنى الصفر مع ارتفاع أو انخفاض المنظار ، والمسافة بين منحنى الصفر ومنحنى المسافات تتغير تبعاً للمعادلة :

$$أ = \frac{\text{س جتا}^2 \text{ ن}}{\text{ك} \pm \frac{١}{\gamma} \text{ جا}^2 \text{ ن}}$$

حيث :

أ = المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى المسافات

س = البعد البؤرى للمنظار.

ن = الزاوية الرأسية.

ك = العدد الثابت ١٠٠.

والإشارة الموجبة لزوايا الارتفاع والسالبة للانخفاض . هذا ويمكن استعمال قامة عادية وجعل منحنى الصفر على أي قراءة.

أما مجموعة المنحنيات الخاصة بتعيين فرق الارتفاع ص فهي منحنيات تمثل جا^٢ ن وهي تبدأ من الصفر وتزايد مع زاوية الارتفاع أو الانخفاض وتتغير ثابتها من ١٠ إلى ٢٠ إلى ١٠٠ وتتغير المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى فرق الارتفاع تبعاً لمعادلة.

$$ب = \frac{\frac{١}{\gamma} \text{ س جتا}^2 \text{ ن}}{\text{ك} \pm \frac{١}{\gamma} \text{ جا}^2 \text{ ن}}$$

حيث :

ب = المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى فرق الارتفاع.

س = البعد البؤرى لشيئية المنظار

ن = الزاوية الرأسية.

ك = العدد الثابت المستعمل فى كل حالة ١٠ أو ٢٠ أو ١٠٠ والإشارة الموجبة لزوايا الارتفاع السالبة للانخفاض . وشكل (١٥٥) يمثل مجال المنظار فى جهاز دالتا وهو فى وضع أفقى.

قائمة جهاز دالتا:

يستعمل مع جهاز دالتا قائمة خاصة به مبينة فى شكل (١٥٦) وصفر تدريجها على ارتفاع ١٤٠ عن القاعدة وهى مدرجة إلى ستيمترات وديسيمترات من هذا الصفر إلى أعلى باللون الأسود وبالإشارة (+) وإلى أسفل باللون الأحمر كما يمكن استعمال قائمة عادية مع الجهاز.

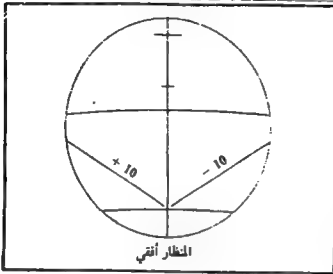
مثال:

شكل (١٥٦) يبين مجال المنظار وهو موجه إلى قائمة فوق نقطة ب من جهاز دالتا فوق نقطة أ - احسب المسافة الأفقية أ ب ومنسوب (ب) ، علماً بأن زاوية انخفاض المنظار ٢٣' ٨" ومنسوب أ = ١٠٠٠ متر وارتفاع الجهاز ١٤٥ م .

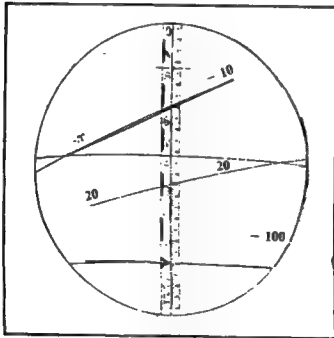
الحل:

يقراً صفر	منحنى الصفر
يقراً ٤٧٦ . ٠ متر	منحنى المسافة
يقراً ٧٠٢ . ٠ متر	المنحنى الصادى معامل (-١٠)
يقراً ٣٥١ . ٠ متر	المنحنى الصادى معامل (-٢٠)

شعرنا الأستاذيا بالجهاز (ثابتة = ٢٠٠) تقرأ ٠.٦٢٩ ، ٠.٨٧٢ - متراً .
 المسافة الأفقية ب = ١٠٠ (٤٧٦ - صفر) = ٤٧.٦ متراً



شكل ٦٤



شكل رقم (١٥٦)



باستعمال (منحنى ص العلوى) ص = ١٠٠ - (٧٠٢ ر - صفر) = ٧٠٢ - ٧٠٢ متر

وللتحقيق،

باستعمال منحنى ص السفلى = ٢٠٠ - (٣٥١ ر - صفر) = ٧٠٢ - ٧٠٢ متر

باستعمال شعرتى الاستاديا

$$٢٠٠ = (٨٧٢ ر - ٦٢٩ ر) \text{ جتا } ٢٣^\circ ٨'$$

$$٢٠٠ = ١٢٤ ر \times ٠.٩٨٩٣ = ٤٧٦ ر$$

$$\text{ص} = \text{ف ظا} = ٤٧٦ ر - (١٤٧ ر)$$

$$= ٧٠٢ - ١٤٧ ر$$

$$\text{منسوب ب} = ١٠٠ + ١٤٥ ر - ٧٠٢ - ١٤٠ ر = ٣٠٣ ر$$

وإذا فرضنا أن منحنى الصفر كان منطبقاً على القراءة ٤٠٠ (فى الجزء الأحمر السفلى) فإن :

$$\text{ف} = ١٠٠ - (٤٧٦ ر - ٤٠٠ ر) = ٨٧٦ ر$$

$$\text{ص} = ١٠٠ - (٧٠٢ ر - ٤٠٠ ر) = ١١٠٢ ر$$

$$\text{منسوب ب} = ١٠٠ + ١٤٥ ر - ١١٠٢ ر - (١٤٠ ر - ٤٠٠ ر) =$$

-٥٧ م

تاكيومتر - تيودوليت كيرن K1 - RA :

جهاز كيرن K1 - RA متعدد الأغراض يأخذ فى مظهره الخارجى شكل التيودوليت وقد زود بقرص زجاجى محفور عليه مجموعة من المنحنيات البعد بينها والمقدار (جتا^٢ ن) بحيث يمكن دائماً الحصول على المسافة الأفقية إذا ما ضربنا ما تحصره هذه المنحنيات على قامة رأسية (المقدار هـ) فى ثابت الجهاز (١٠٠). كذلك توجد على نفس القرص منحنيات البعد بينها تتناسب مع المقدار (جا^٢ ن) وبذلك يمكن دائماً الحصول على فرق المنسوب بطريقة سهلة أيضاً دون

اللجوء إلى قياس الزاوية الرأسية. وحتى لا يحدث خطأ عند رصد مسافة أفقية أو فرق منسوب فلقد جعلت كل مجموعة من المنحنيات تظهر في مجال المنظار على حدة بواسطة حلقة خاصة.

والجهاز يمكن استخدامه كتيودوليت لقياس الزوايا الأفقية بدقة ٢٠'' وبالتقريب حتى ١٠'' ويمكن قراءة الدائرة الأفقية في الاتجاهين مع أو ضد عقرب الساعة. أما الدائرة الرأسية فتقرأ عليها الزوايا الرأسية مباشرة مما ييسر حساب فروق المناسيب. والجهاز دائرته الأفقية إما مقسمة بالنظام الستيني (٣٦٠°) أو بالنظام المئوي (٤٠٠°). أهم أجزأؤه :

حيث :

- ١- المرآة العاكسة لإتارة أجزائه الداخلية.
- ٢- منظار القراءة للدوائر الأفقية والرأسية.
- ٣- مسمار الحركة البطيئة لدوران المنظار حول محوره الأفقي.
- ٤- غطاء مسمار تعديل القراءات على الدائرة الأفقية.
- ٥- مسمار التسوية لضبط أفقية الجهاز.
- ٦- مسمار الحركة السريعة لدوران الجهاز حول محوره الرأسى.
- ٧- مسمار تطبيق الصورة داخل المنظار.
- ٨- حلقة تعديل وضع منحنيات القياس من قياس المسافات إلى تعيين فرق المنسوب.
- ٩- موجد الهدف.

الجهاز الموضح فى مجال المنظار فيكون فرق لمنسوب (ص) مساوياً:

(١١٤)

ص = معامل الجهاز (الفرق بين قراءتى المنحنيين الداخليين)

ولتعيين منسوب نقطة القامة بمعلومية منسوب نقطة اللوحة المستوية نعين ارتفاع محور دوران المنظار عن نقطة اللوحة المستوية (١٤) فيكون المنسوب المطلوب مساوياً:

(١١٥)

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة اللوحة
المستوية + ١٤ + ص - قراءة المنحني الأوسط السفلي

طريقة الظلال Tangent System

يمكن في هذه الطريقة تعيين المسافة الأفقية والبعد الرأسى باستعمال تيوذوليت عادى والأرصاد المطلوبة هي الزاوية الرأسية التى رأسها عند الجهاز ووترها مسافة معلومة بين هدفين ثابتين على القامة الموضوعة رأسياً فوق النقطة المطلوب إيجاد بعدها وتقرأ الشعرة الوسطى على القامة وقيمة الزاوية الرأسية فى كل مرة.

نفرض أن المطلوب إيجاد المسافة الأفقيه (ف) بين نقطتين مثل (د ، م) الأشكال (١٥٧) - (١٦٠) وكذلك الفرق بين منسوبيهما . نضع القامة رأسية فوق احديهما ولتكن (د) والجهاز فوق (م).

حالات طريقة الظلال،

أولاً - عندما تسمح طبيعة الأرض بقراءة القامة وخط النظر أفقى،

نأخذ نظرة أفقيه (س ب) إلى قامه فى نهاية الخط عند (د) ثم نظرة مائلة (س أ) إلى أعلى شكل (١٥٧) أو إلى أسفل (١٥٨) حسبما تسمح به طبيعة الأرض. نعين زاوية الارتفاع (فى الحالة الأولى) أو زاوية الانخفاض (فى الحالة الثانية).

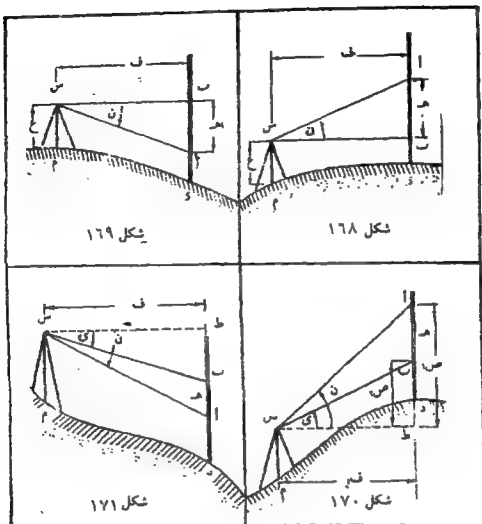
نفرض أن ب القراءة على القامة وخط النظر أفقى.

أ = القراءة على القامة وخط النظر يميل على الأفقى بزاوية قدرها ن .

هـ = الفرق بين القراءتين أو الهدفين الثابتين على القامة.

$$(١١٦) \quad \frac{\text{المسافة الأفقية}}{\text{ظا ن}} = \frac{\text{قراءة أ} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا ن}}$$

$$(١١٧) \quad \text{منسوب د} = \text{منسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز} - \text{القراءة ب}$$



ثانياً - عندما لا تسمح طبيعة الأرض بأخذ نظرات أفقية،

١- نوجه المنظار إلى القامة أولاً بزاوية ميل (ن) وتدون قراءة القامة.

٢- تغيير زاوية الميل ولتكن (ي) وتدون القراءة الناتجة على القامة وفي
شكلي (١٥٩) - (١٦٠) .

$$\begin{aligned} \text{أ ط} &= \text{ف ظ ن} , \text{ب ط} = \text{ف ظ ي} \\ \text{أ ط} - \text{ب ط} &= \text{ه} = \text{ف (ظ ن - ظ ي)} \end{aligned}$$

$$(١١٨) \quad \frac{\text{ه}}{\text{ظ ن} - \text{ظ ي}} = \frac{\text{قراءة أ} - \text{قراءة ب}}{\text{ظ ن} - \text{ظ ي}} = \text{المسافة الأفقية}$$

ص ١ = ف ظ ن ، ص ٢ = ف ظ ي
ولو كانت الزاويتان ن ، ي إحداهما زاوية ارتفاع والأخرى انخفاض.

$$(١١٩) \quad \frac{\text{ه}}{\text{ظ ن} + \text{ظ ي}} = \text{ف}$$

$$(١٢٠) \quad \begin{aligned} &\text{وفي حالة زاوية ارتفاع :} \\ &\text{منسوب د} = \text{منسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز (ع)} + \text{ف ظ ي} - \text{ب د} \\ &\text{أو} = \text{منسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز} + \text{ف ظ ن} - \text{أ د} \end{aligned}$$

$$(١٢١) \quad \begin{aligned} &\text{وفي حالة زاوية انخفاض :} \\ &\text{منسوب د} = \text{منسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز} - \text{ف ظ ي} - \text{ب د} \\ &\text{أو} = \text{منسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز} - \text{ف ظ ه} - \text{أ د} \end{aligned}$$

مثال،

وضع جهاز في نقطة ج زاويتا ارتفاع نقطتين على قامة فوق ب هما ٢٠١٤ ، ٣٦ ٥ عندما كانت قراءة القامة ٢٠ ٠ ٢٠٠ مترأ على الترتيب. ما هي المسافة الأفقية ب ج وما منسوب ب إذا كان منسوب ج = ١٣٧،١٤ مترأ وارتفاع الجهاز = ١،٥٠ مترأ ؟

الحل :

$$ف = \frac{٠,٢٠ - ١,٢٠}{\text{ظا } ٣٦٥^\circ - \text{ظا } ٢٠١^\circ} = ١٦,٩٣ \text{ مترأ}$$

$$\text{ص} = ١٦,٩٣ \text{ ظا } ٢٠١^\circ = ٠,٦٦ \text{ مترأ}$$

$$\text{منسوب ب} = ١,٥٠ + ١٣٧,١٤ + ٠,٦٦ - ٠,٢٠ = ١٣٩,١٠ \text{ مترأ}$$

ولتحقيق العمل :

$$\text{ص} = ١٦,٩٣ \text{ ظا } ٣٦٥^\circ = ١,٦٦ \text{ مترأ}$$

$$\text{منسوب ب} = ١,٥٠ + ١٣٧,١٤ + ١,٦٦ - ١,٢٠ = ١٣٩,١٠ \text{ مترأ}$$

ثالثاً - عند تثبيت المسافة المقطوعة على القامة،

ويطلق على هذه الطريقة طريقة القاعدة الرأسية وفيها تثبت المسافة المقطوعة على القامة ه . وتتغير الزاويتان الرأسيتان ، ي حسب طول المسافة الأفقية وفرق الارتفاع في شكل (١٥٩) .

$$ف = \frac{ه}{\text{ظا ن} - \text{ظا ي}}$$

في المثلث أ س ط

$$\frac{ه}{\text{جا (ن - ي)}} = \frac{ف / \text{جتا ي}}{\text{جا (ن - ٩٠) (ن)}} \quad \text{أو} \quad \frac{ه}{\text{جتا ن جتا ي}} = \frac{ف}{\text{جا (ن - ي)}}$$

(١٢٢)

∴ ف = ها جتا ن جتا ي قتا (ن - ي)

وغالباً تأخذ هـ (المسافة المقطوعة على القامة) مساوية ١ متر.

وفى المثال السابق وتطبيق هذه المعادلة نجد أن :

$$ن = ٣٦^\circ ٥' ، ي = ١٤^\circ ٢'$$

$$\therefore ن - ي = ٢٢^\circ ٣'$$

$$هـ = ١ \text{ متر}$$

$$\therefore ف = ١ \times جتا ٣٦^\circ ٥' \times جتا ١٤^\circ ٣' \text{ قتا } ٢٢^\circ ٣'$$

$$= ١ \times ٩٩٥٢٢ \times ٩٩٩٢٤ \times ٠٢٧ \times ١٧ = ١٦٩٣ \text{ متراً}$$

طريقة قضيب الأنفار Invar Subtense Bar

تعتبر طريقة قضيب الأنفار من أهم طرق التاكيرومترية لتعدد مزايها تنوع استعمالاتها ويمكن قياس مسافات بهذه الطريقة حتى ٩٠٠ متر. وطريقة قضيب الأنفار هي إحدى طرق المجموعة الأولى حيث القاعدة ثابتة عند موضع الهدف وتتغير زاوية البرالاكس حسب المسافة المقاسة وحسب وضع القضيب بالنسبة للخط المقيس.

وأساس هذه الطريقة هو قياس زاوية البرالاكس المحصورة بين طرفي قضيب ذي طول معين موضوع أفقياً عند أحد طرفي الخط ويتم قياس هذه الزاوية بواسطة التبيودوليت عند الطرف الآخر للخط.

نظرية القياس :

تتلخص نظرية القياس بهذه الطريقة فيما يلي:

١- عند تحديد مسافة معينة أ ب مثلاً - فيتم ذلك بواسطة قضيب الأنفار المحدد الطول بعلامتين (ل ، ط) يحصران مسافة معلومة ومحددة وبدقة تامة ولتكن ه شكل (١٦١ - أ).

٢- يثبت القضيب أفقياً على حامل فوق نقطة أ وبحيث يكون عمودياً على الخط (أ ب) المراد قياسه. ثم يوضع في الطرف ب تبيودوليت لقياس الزاوية الأفقية (زاوية البرالاكس) بين نهايتي الذراع ل ، ط ، وهذه الزاوية لا تتأثر باختلاف منسوب التبيودوليت عن منسوب الذراع حيث زاوية البرالاكس المقاسة هي الزاوية الأفقية س شكل (١٦١ - ب).

(١٢٣)

$$\text{المسافة الأفقية (أ ب) ف} = \frac{1}{p} \text{ هـ ط نا} \frac{س}{p}$$

(١٢٤)

$$\text{فرق الارتفاع ص} = \pm \text{ف نا ن}$$

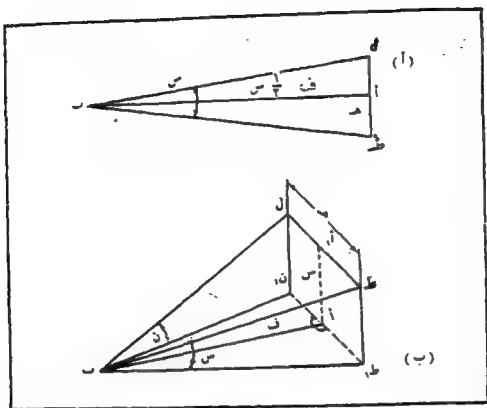
منسوب أ = منسوب ب + ارتفاع التبدوليت عند ب
± ص - ارتفاع حامل القضيب فوق أ

دقة القياس :

- وتتوقف الدقة في حساب المسافة بهذه الطريقة على العوامل الآتية:
- ١- درجة قياس زاوية البرالاكس (وتتوقف على دقة التبدوليت وعدد مرات رصد الزاوية).
 - ٢- تعاد قضيب الأنفار على الخط المقيس.
 - ٣- أفقية القضيب.
 - ٤- أوضاع القضيب المختلفة بالنسبة لطول المسافات المقاسة.
- ويعتبر العامل الأول والأخير من العوامل ذات التأثير الكبير على درجة الدقة بينما لا تتأثر هذه الدقة بالعاملين الثاني والثالث تأثيراً كبيراً.

مميزات الطريقة:

- وتتميز طريقة قضيب الأنفار عن الطرق الأخرى بالميزات التالية :
- ١- استعماله أسهل من القياس المباشر بالشريط.
 - ٢- الحصول على المسافة الأفقية مباشرة وبدقة عالية جداً ولا تحتاج إلى حسابات معقدة.
 - ٣- لا تتأثر المسافة المقاسة بالتغير في درجة الحرارة أو طبوغرافية المنطقة.
 - ٤- يمكن قياس خطوط تصل إلى كيلو متر واحد تقريباً باتخاذ أوضاع مختلفة للقضيب وبدقة عالية جداً لا تتوفر في أي أجهزة تاكيمترية أخرى.



شکل ۱۷۲



شکل رقم (۱۶۲)

استعمالات الجهاز :

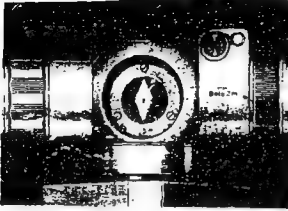
- يستعمل قضيب الأنفار في الأعمال المساحية التي تحتاج إلى دقة عالية في قياس الأطوال ويمكن حصرها فيما يلي :
- ١- قياس خطوط المضلعات (الترافرسات)
- ٢- أعمال الربط الأرضي في المساحة القوتوجرافية.
- ٣- تعيين أطوال خطوط قواعد المثلثات (الدرجتين الثالثة والرابعة)
- ٤- أعمال مساحة الاتفاق والمناجم .
- ٥- أعمال توقيع وتخطيط المشروعات .
- ٦- تحديد أطوال ثابتة لمعايرة الشرائط ولتعيين ثوابت الأجهزة المساحية كالثابت التاكيومتري والإضافي.

وصف الجهاز :

توجد أنواع عديدة منه ولكنها تتفق جميعاً في الأساس الاستعمالي والتركيب العام لها .

وهو يتركب من ذراعين شكل (١٦٢) كل منهما عبارة عن أنبوبة من الصلب مفرغة طولها متراً واحداً تقريباً ، ويربطهما عند أحد طرفيهما مفصلة و عند الطرف الآخر قرصان زجاجيان بهما علامتان مثلثتان الشكل بداخل كل منهما زوجان من الخطوط شكل (١٦٣) ، أحد هذين الزوجين عبارة عن خطين سميكين للرصد البعيد والزوج الآخر خطين رقيقين للرصد القريب ، كما يوجد بداخل كل من المثلثين دائرة صغيرة أو فتحة مغطاة بزجاج أحمر اللون للرصد عليه ليلاً ويمكن رؤية العلامتين بوضوح حتي علي بعد ٧٠٠ متر والمسافة بين هاتين العلامتين = ٢,٠٠٠ متر تماماً . وفي بعض الأجهزة كما في قضيب (زاييس) توجد علامة في المنتصف علي شكل معين شكل (١٦٤) والذراعان يمكن طيهما علي بعض أو فتحهما علي استقامة واحدة عند الاستعمال وبداخل كل ذراع سلك من الأنفار أحد طرفيه مثبت في طرف الأنبوبة عند المفصلة والطرف الثاني مشدود إلي الخارج بواسطة زنبرك وبذا تظل المسافة بين العلامتين ثابتة وتساوي مترين

تماماً إذا تمددت الأتربة أو انكمشت نتيجة لتغير درجة الحرارة .



شكل رقم (١٦٤)



شكل رقم (١٦٣)

وعند منتصف القضيبي مثبت منظار صغير (م) شكلي (١٦٢) ، (١٦٤) محوره البصري متعامد مع الخط الواصل بين علامتي الرصد بواسطة هذا المنظار تجعل القضيبي متعامداً على الخط المراد قياسه.

طريقة القياس :

لقياس مسافة ما مثل أ ب تجري الخطوات التالية :

١- نثبت القضيبي جيداً فوق حامله مسامتاً أحد طرفي الخط المراد قياسه وليكن نقطة (أ) بواسطة خيط وثقل الشاغول مع جعله أفقياً بالتقريب.

٢- نفتح ذراعى القضيبي على استقامة واحدة ثم نجعله أفقياً تماماً بواسطة مسامير التسوية وميزان التسوية الدائري المثبت فوق الحامل ومن ثم يكون الخط الواصل بين علامتي الرصد أفقياً تماماً.

٣- ندير القضيبي باليد حول محوره الرأسى حتى نرصد خلال المنظار الصغير (م) خيط شاغول التيردوليت المثبت فوق (ب) والمسامت لها وبذا يكون القضيبي معبداً للقياس. (فى نوع زايس يوجد مثلث ضوئى داخل المنظار الصغير فيندار

القضيب حتى ينطبق رأس المثلث الضوئي على خط شاغول التيرودوليت).

٤- توجه التيرودوليت وهو في وضع متيامن إلى العلامة اليسرى ونقرأ الدائرة الأفقية ثم نرصد العلامة اليمنى. ويطرح القراءتين نحصل على زاوية البرالاكس

$$(س) \text{ وتكون المسافة الأفقية } ف = \frac{١}{٢} \text{ هـ ظنا } \frac{س}{٢} .$$

وحيث أن :

$$هـ = ٢٠٠ \text{ متراً} .$$

(١٢٦)

$$ف = \text{ظنا } \frac{١}{٢} س$$

وذلك سواء أكان خط النظر أفقياً أو مائلاً لأن الزاوية المقاسة هي الزاوية الأفقية . ولإيجاد متنسب (أ) نطبق المعادلة (١٢٥).

حالات القياس المختلفة:

عند وضع قضيب الأنصار عند أحد طرفي الخط المراد قياسه ووضع التيرودوليت في الطرف الآخر نجد أن مقدار الخطأ النسبي المحتمل في حالة استخدام تيرودوليت رقيق في استعمال القضيب بالنسبة إلى طول الخط المقاس يزيد بازدياد المسافة المقاسة فمثلاً تكون نسبة الخطأ إلى الطول ١ : ١٠٠٠٠ عند قياس خط طوله ٤٠ متر بينما تزيد هذه النسبة وتصل إلى ١ : ٥٠٠٠ عند قياس خط طوله ٨٠ متر - ولما كانت هذه النسبة هي المسموح بها في القياس فإنه يجب أن يأخذ القضيب أوضاعاً مختلفة نردها فيما يلي:

الوضع الأول: القضيب عند طرف الخط المقاس مباشرة،

وتصلح للمسافات حتى ٨٠ متر (شكل ١٦٥).

$$\text{المسافة } ف = \text{ظنا } \frac{١}{٢} س$$

الخطأ النسبي المحتمل ١ : ٦٠٠٠ لمسافة ٧٥ متراً

١ : ٥٠٠٠ لمسافة ٨٠ متراً

الوضع الثاني: القضيب يتوسط الخط المقاس مباشرة:

شكل (١٦٦)

وتصلح المسافات من ٨٠ حتى ١٥٠ متر

(١٦٧)

$$\begin{array}{l} \text{المسافة ف ١ + ف ٢} \\ = (\text{ظنا } \frac{1}{4} \text{ س } ١ + \text{ظنا } \frac{1}{4} \text{ س } ٢) \end{array}$$

الخطأ النسبي المحتمل ١ : ٨٠٠٠ لمسافة ١٥٠ متر .

الوضع الثالث: القضيب عند أحد طرفي الخط مع استعمال خط قاعدة مساعد،

ويصلح هذا الوضع للمسافات من ١٦٠ متر حتى ٣٥٠ متر.

والخطأ النسبي المحتمل ١ : ١٢٠٠٠ لمسافة ٣٠٠ متر

ويتم ذلك بإحدى الطريقتين:

أ - استعمال خط قاعدة مساعد يقع على جانب الخط المقاس (في ناحية واحدة منه):

شكل (١٦٧)

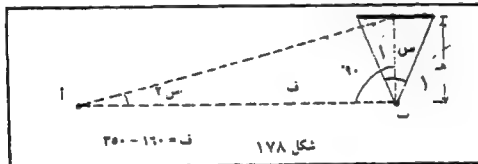
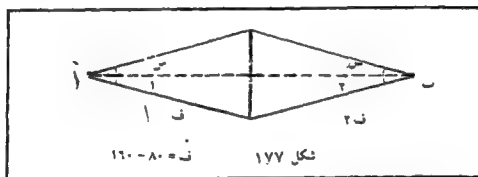
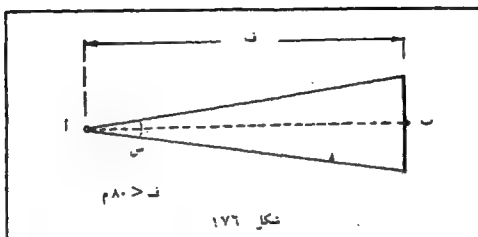
١- نقيم الخط المساعد (١هـ) متعامداً مع أحد طرفي الخط المراد قياسه.

٢- نقيس ١هـ بوضع قضيب الأنفاز في نهايتها وذلك بقياس الزاوية الأنفية س

ثم نقاس س٢.

(١٦٨)

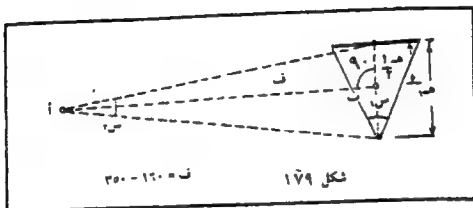
$$\begin{array}{l} \text{طول خط القاعدة المساعد ١هـ = ظنا } \frac{1}{2} \text{ س٢} \\ \sqrt{\quad} \\ ٢ = \text{ف تقريباً} \end{array}$$



وهذا الطول هو الواجب اختياره عملياً

(١٢٩)

المسافة الأفقية ف = هـ، ظنا س٢



ب - خط القاعدة المساعد يتوسطه الخط المقاس شكل (١٦٨) .

(١٣٠)

$$\sqrt{f} \approx \frac{1}{2} s = 1.5$$

(١٣١)

$$\frac{1.5}{4} = \frac{1}{2} s = 1.5$$

الوضع الرابع : القضيبي عند منتصف الخط المقاس مع استعمال خط قاعدة مساعد :

ويصلح هذا الوضع للمسافات من ٣٥٠ متر وحتى ٨٠٠ متر .

والخط النسبي المحتمل ١ : ١٤٥٠٠ لمسافة ٦٠٠ متر

وتم ذلك بإحدى طريقتين :

أ - خط القاعدة يقع على جانب الخط المقاس (في ناحية واحدة منه)

شكل (١٦٩) .

١ - تقيم الخط المساعد (١.٥) متعامداً عند منتصف الخط المراد قياسه تقريباً .

٢- تقاس (١هـ) بوضع قضيب الأنوار في نهايته وذلك بقياس الزاوية الأفقية
س١ ثم تقاس س٢ ، س٣ .

$$(١٣٢) \quad \begin{array}{l} \text{طول خط القاعدة المساعد هـ} = \text{ظنا} \frac{١}{٢} \text{ س١} \\ \text{ظنا} \frac{١}{٢} \text{ س١} = \sqrt{٢} \text{ ف تقريباً} \end{array}$$

وهو الطول الواجب استعماله نظرياً.

(١٣٣)

المسافة الأفقية ف = هـ (ظنا س٢ + ظنا س٣)

ب - خط القاعدة ينصفه الخط المقاس شكل (١٧٠) ،

(١٣٤)

$$\text{هـ} = \text{ظنا} \frac{١}{٢} \text{ س١} = \sqrt{٢} \text{ ف}$$

(١٣٥)

$$\text{المسافة الأفقية ف} = \frac{\text{هـ}}{٢} (\text{ظنا} \frac{٢}{٢} \text{ س٢} + \text{ظنا} \frac{٢}{٢} \text{ س٣})$$

وبراعى فى هذه الطريقة أن تكون م هي منتصف هـ تقريباً وبشرط ألا تبعد
عن المنتصف بمقدار يزيد عن $\frac{\text{ف}}{٤٠٠}$ حيث فرض فى المعادلة (١٣٥) أن الخط
ينصف كل من س٢ ، س٣ . ويمكن إهمال الخطأ الناشئ ، لو كانت المسافة بين
م ومنتصف هـ أقل من $\frac{\text{ف}}{٤٠٠}$.

وعملياً وبالأخص عند قياس أطوال المضلعات نختار موضع خط القاعدة المساعد قريباً من إحدى نقط التوافرس ب مثلاً شكل (١٧١) بحيث تقاس الزوايا س_١ ، ي_١ ، عند نقطة ب والزوايا س_٢ ، ي_٢ عند كل من أ ، ج على الترتيب.

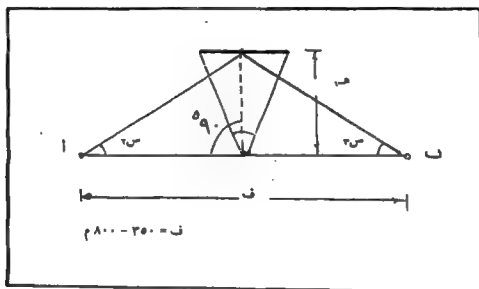
وتكون المسافات هي:

(١٣٦)

$$\frac{\text{هـ}١ \text{ جـ}١ (\text{ي}١ + \text{س}٢)}{\text{جـ}١ \text{ س}٢} = \text{ف}١$$

(١٣٧)

$$\frac{\text{هـ}١ \text{ جـ}١ (\text{ي}٢ + \text{س}١)}{\text{جـ}١ \text{ س}١} = \text{ف}٢$$



شكل رقم (١٦٩)

طرق وأجهزة الصور المزدوجة

Double Image

تنقسم أجهزة وطرق الصور المزدوجة إلى مجموعتين:

المجموعة الأولى:

وتتبع هذه الأجهزة المجموعة الأولى من التقسيم العام للمساحة التاكيومترية حيث أنها طرق وأجهزة تتواجد فيها القاعدة عند وضع الهدف وأهم أجهزة هذه المجموعة هي:

١- جهاز منشور المسافة.

٢- جهاز قياس المسافات (DHT -2).

٣- جهاز التاكيومتر المختزل والمنشور (Redta).

وطريقة منشور المسافة هي إحدى طرق التاكيومترية باستعمال القاعدة الأفقية وتختلف هذه الطريقة عن قضيب الأنفار في ثبوت زاوية البرالاكس وتحدد المسافة المقاسة على قامة موضوعة عند أحد طرفي الخط المراد قياسه.

١- منشور المسافة:

ومنشور المسافة عبارة عن تركيبة يمكن وضعها أمام العدسة الشيئية في جهاز التبيدوليت أو التاكيومتر الذي يوجه نحو قامة أفقية خاصة لحساب المسافة مباشرة بين الجهاز والقامة. ويقاس زاوية الارتفاع أو الانخفاض يمكن تحديد المسافة الأفقية وفرق الارتفاع.

تركيب المنشور:

يتركب منشور المسافة من منشور ثلاثي لا يغطي الشيئية كلها شكل (١٧٢)

عند وضعه أمامها بل يحجب شريحة أفقيه ضيقة في الجزء الأوسط من الشبيثة ولذلك يكون على حامل الشعرات صورتان أحدهما منحرفة أفقياً وهي الصورة الداخلة إلى المنظار من خلال المنشور ثم الشبيثة والأخرى وهي الداخلة إلى المنظار من خلال الشبيثة مباشرة وزاوية الأشعة هي زاوية انحراف أو انكسار المنشور وقد صنع المنشور بزاوية انحراف قدرها $12.6''$ $34'$ وظلها = $\frac{1}{100}$. أما القامة المستعملة مع المنشور فهي قامة خاصة مدرجة وطولها متران تقريباً وتوضع عند الاستعمال في وضع أفقي على حامل ثلاثي خاص بها شكل (١٧٣).

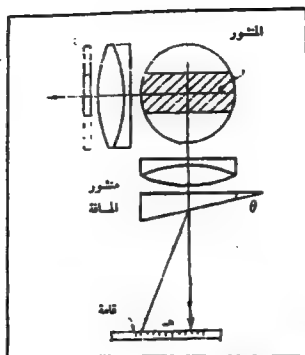
طريقة الاستعمال،

لقياس المسافة توضع القامة أفقيه على حاملها وهي مجهزة عند أحد طرفيها بورنية شكل (١٧٣) بحيث ينطبق صفر الورنية على صفر مقياس القامة (توضع أحياناً ورنية أخرى يبعد صفرها عن صفر الورنية الأولى بمقدار ٥٠ سم كما في شكل (١٧٣) أو أي مقدار آخر وهذا للتحقيق. فإذا نظرنا خلال المنظار رأينا صورة الورنية متكونة من خلال المنشور تحت صورة جزء ما من القامة.

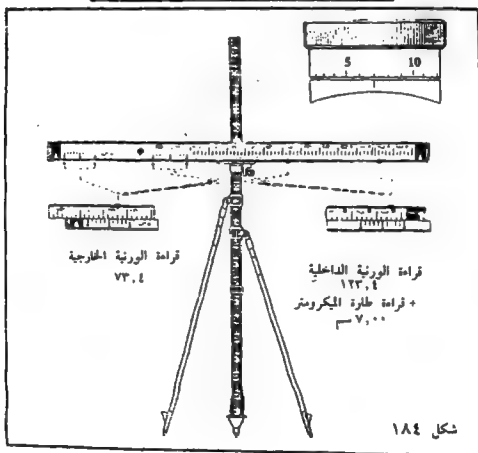
وكان صورة الورنية قد انتقلت من موضعها نتيجة لانحراف خط النظر المرجح إليها وتأخذ موضعاً جديداً فوق مقياس القامة وتكون المسافة التي انتقلتتها هذه الورنية هي (هـ) الفرق المطلوب تعيينه شكل (١٧٢)، ونعين مقداره بتعيين قراءة صفر الورنية على المقياس من خلال المنظار.

$$\text{حيث أن زاوية الانحراف} = \frac{1}{100} \text{ ظا}$$

فإن $100 \times \text{قراءة الورنية} = \text{هـ}$ وإذا كان خط النظر مائلاً فإن المسافة المقروءة تكون هي المسافة المائلة (م).



شكل ١٨٣



شكل ١٨٤

(١٣٨)

$$f = m \text{ جتا } n = ١٠٠ \text{ ه جتا } n$$

(١٣٩)

$$ص = m \text{ جا } n = ١٠٠ \text{ ه جا } n$$

حيث n زاوية الارتفاع أو الانخفاض.

ونقيس ارتفاع كل من الجهاز والقامة عن سطح الأرض.

(١٤٠)

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز
- ارتفاع القامة عن سطح الأرض \pm ص

ولزيادة الدقة صم منشور متوازي السطحين يدور حول محور رأسى ثابت بحيث ينحرف خط النظر موازياً لنفسه تماماً على القامة عند دوران المنشور بواسطة ميكرومتر خاص وذلك لعمل الاتطابق بين الورنية والمقياس تماماً على القامة.

والدورة الكاملة للميكرومتر تساوى وحدة قراءة الورنية على القامة وعادة يقرأ المقياس ٢ سم والورنية ٢ ملليمتر والمكرومتر ١ ر. ملليمتر أى أن هذه القراءات بالنسبة للمسافات تكون على القامة = ٢ م وعلى الورنية = ٢٠ سم وعلى الميكرومتر \pm ١ سم . ومميزات الجهاز هى:

١- القراءات بالجهاز دقيقة لاستعمال ورنية على القامة والميكرومتر الملحق.

٢- لا يوجد تصحيح بضرب الجزء المقطوع من القامة فى n جتا كما فى

شعرات الاستاديا وذلك لأن القامة أفقية كما لا يوجد ثابت إضافي في معادلات المسافة.

٣- لا تتأثر بالانكسار الجوي الرأسى.

٢- تاكيومتر المختزل ذو المنشور - (ردتا) (REDTA)

(Reducing Tacheometer with distance Measuring Wedge):

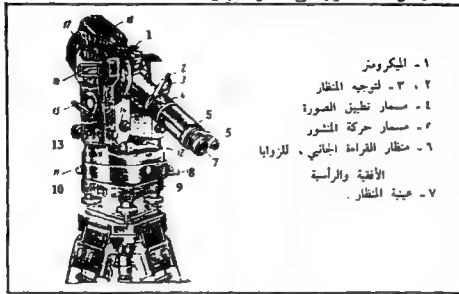
نظرية الجهاز:

يعتبر هذا الجهاز حصيلة تعديل وتحسين في طريقة منشور المسافة حيث أدخلت تعديلات على جهاز منشور المسافة ، الفرض منها هو الحصول على المسافات الأفقية مباشرة سواء أكان خط النظر أفقياً أو مائلاً. وقد تم هذا التعديل باستبدال المنشور الثلاثي بمنشورين متماثلين يقومان بنفس عمل المنشور الواحد في الوضع الأفقى، أى ينحرف خط النظر خلالهما بما يعادل زاوية ظلها يساوى $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ، ويدور كل من المنشورين في مستواه في اتجاه مضاد للآخر بنفس المقدار لذا فإنه عند استعمال الجهاز في حالة ميل المنظار نجد أن دوران المنشورين معاً في اتجاهين متضادين يعادل وجود منشور واحد بزاوية أقل من الزاوية الأصلية للمنشورين ويتوقف التغير في مجموع زاويتي المنشورين على قمة زاوية الميل في خط النظر فإذا كانت (ن) هي زاوية ميل خط النظر فنجد أن قيمة انحراف خط النظر خلال المنشورين معاً تقل بما يعادل (جتا ن) وبذا تكون المسافة المقروءة على القامة مباشرة هي المسافة الأفقية ومساوية (١٠٠ هـ جتا ن).

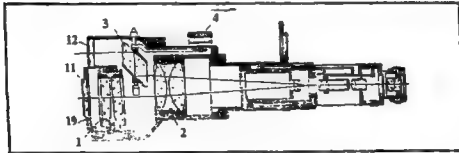
يكون فرق الارتفاع ص = ف ظا ن .

ونجد أيضاً في هذا الجهاز أن منشور المسافة يعتبر جزءاً من الجهاز نفسه.

وهناك عدة أنواع من الأجهزة تستخدم هذه النظرية وأشهرها هو جهاز ردتا (Redta 002) صناعة زابس وهو جهاز كامل به جميع الاحتياجات التي تتطلبها عملية القياس التاكيموترى وقد صمم هذا الجهاز بحيث يقوم بعمل جهاز التيسودوليت وشكل (١٧٤) يمثل رسم عام توضيحي لأجزاء الجهاز وشكل (١٧٥) يمثل قطاعاً طولياً في مناظر الجهاز.



شكل ١٨٥



شكل رقم (١٧٥)

ولتعيين فرق الارتفاع بواسطة جهاز الردتا فنجد أنه يعطينا بالإضافة للزاوية الرأسية (ن) قراءة ظل هذه الزاوية مباشرة من منظار القراءة الجانبي المصالحق

للمنظار الرئيسي ومنها نحصل علي الفرق الرأسى المطلوب ص .

ص = ف ظا ن.

وجهاز الردتا مزود أيضاً بمنشور متوازى السطحين ٢ (الوح التوازى) شكل ١٧٥ كما فى منشور المسافة يدور رأسياً بحيث ينحرف خط النظر موازياً لنفسه تماماً على القامة عند دوران المنشور - ويدور هذا المنشور بواسطة ميكرومتر ٤ والغرض الأساسى منه هو تطبيق قراءات الورنية تمام على القامة.

وقامة الردتا هى نفس القامة الأفقية المستخدمة فى جهاز منشور المسافة (شكل ١٧٣).

طريقة القياس،

١- توجه القامة عمودية على خط النظر الواصل من الجهاز إليها بواسطة منظار صغير به مثلث ضوئى حتى ينطبق رأس المثلث على خيط الشاغول بالجهاز، وعلى ذلك فإنه عند رصد الجهاز بهذا المنظار الصغير تصيح هذه عمودية على اتجاه خط النظر ويجب على الراصد التحقق من ضبط القامة قبل أخذ القراءات عليها بأن يرى القامة موازية للشعرة الأفقية فى المنظار - ونلاحظ أن هذه الخطوة هى نفس ما اتبع عند ضبط قضيب الأتافار.

٢- تضبط الجهاز أفقياً عن الطرف الآخر للخط ونوجه المنظار إلى علامة ضوئية بيضاء فى سطح القامة ونرى هذه العلامة (من خلال المنظار) رأسية لو كانت القامة متعامدة على خط النظر أو على شكل قوس منحنى لو لم تكن كذلك.

٣- ندير طارة خاصة فتجعل المنشور أمام الشيئية وتنقل صورة الورنة أو الورنيتين مسافة قدرها (هـ) . وتقرأ المسافة ف كالتالى:

القامة مقسمة إلى ديسيمترات ، ٢ سم ، وطول مقياس القامة يساوى ١٢٠ سنتيمتر . ويوجد تحت هذا المقياس ورنيتان تقرأ كل منها ٢ ملليمتر وتوضع إحدى الورنيتين بحيث ينطبق الصفر فيها على صفر المقياس ، بينما توضع

الورنية الأخرى قبل صفر المقياس بمقدار ٥٠ سنتيمتر تماماً . والغرض من ذلك أنه فى المسافات القصيرة حتى طول ١٢٠ متراً ، نجد أن صورة الورنية الأولى تظهر تحت المقياس ، بينما إذا زادت المسافة عن ذلك فإن صورة هذه الورنية تخرج عن ح المقياس. وفى هذه الحالة نأخذ قراءة القامة على الورنية الأخرى ثم نضيف إلى هذه القراءة فرق المسافة بين صفر المقاس وصفر الورنية وقدره خمسون سنتيمتر ، أى أننا فى هذه الحالة يمكننا تقدير الأبعاد إلى مسافة ١٧٠ متر تقريباً من الجهاز. ولكي يتم انطباق صفر إحدى الورنتين عن قسم من أقسام المقياس فإننا نستعمل مسمار الميكرومتر الموجود فوق المظار. وهذا الميكرومتر يلف اللوح المتوازي السطحي فينتقل خط النظر موازياً لنفسه نتيجة للانكسار حتى يتم الانطباق تماماً بين قسم المقياس وقسم الورنية القريب منه، ومقدار هذا الانتقال نقرأه على مسمار الميكرومتر ، ويضاف إلى القراءة الكلية على المقياس والورنية.

هذا ويمكن اتباع أوضاع القياس المذكورة فى حالة قضييب الأنفاز عند قياس المسافات الكبيرة باستعمال جهاز الردتا.

المجموعة الثانية:

وتتبع هذه الأجهزة المجموعة الثانية من التقسيم العام للمساحة التاكيومترية حيث أنها طرق وأجهزة تتواجد فيها القاعدة عند موضع الراصد وتكون هذه القاعدة جزءاً من جهاز التاكيومتر المستخدم وبها يستغنى عن وضع قامة عند الهدف وهذه ميزة كبرى خاصة فى الأراضى الوعرة والصعبة الوصول إليها لوضع قامة فى النقط بها. وأهم أجهزة هذه المجموعة هي:

١- جهاز التليتوب (جهاز القياس الطبوغرافى) (Teletop) .

٢- جهاز القاعدة المختزل (BRT).

٣- جهاز مقدر المسافات والتليمتر (Range Finder and Telemeter).

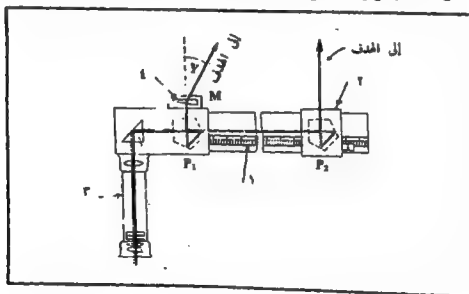
ويلاحظ أن نتائج القياسات بهذه الأجهزة غير دقيقة ولذا فهي تستخدم في الأعمال التي تكون الدقة العالية غير مطلوبة فيها كما في حالة المساحة الطبوغرافية والتفاصيل الجيولوجية والغابات ، وفي الأغراض العسكرية وأغراض الاستكشاف.

١- جهاز التليوتوب:

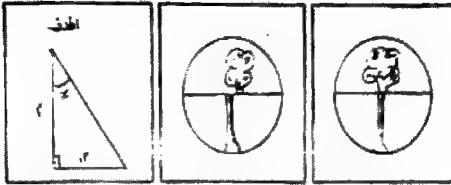
(جهاز القياس الطبوغرافى):

وفيه زاوية البرالاكس ثابتة وتتغير طول القاعدة حسب المسافة المقاسة ويستعمل لإيجاد المسافات الأفقية والارتفاعات.

ويتتركب الجهاز شكل (١٧٦) من ذراع (١) مقسم إلى ٣٠٠ ملليمتر يتحرك عليه غلاف بداخله منشور زجاجى (٢) وفى طرف الذراع تركيبة عبارة عن منظار صغير (٣) ومنشور زجاجى آخر (٤) ظل زاويته ثابت والجهاز مزود بدائرة رأسية مدرجة لتعيين زاوية ميل خط النظر وكذلك بوصلة منشورية لقياس انحرافات



شكل رقم (١٧٦)



شكل رقم (١٧٩)

شكل رقم (١٧٧)

شكل رقم (١٧٨)

نظرية الجهاز:

يتحرك على الذراع الغلاف ذو المنشور الزجاجي ، الزاوية بين سطحيه العاكسين تساوي 45° تمام ، وعلى ذلك فإن الشعاع الضوئي المسار به ينحرف عن خط سيره الأول بمقدار 90° وبذا فإن الأشعة الضوئية التي تكون عمودية على هذا الذراع ، تسير في داخل هذا المنشور ، وتخرج منه في اتجاه يوازي الذراع نفسه ثم يتجه إلى منشور ثلاثي آخر مثبت عند المنظار فتغير خط سيرها مرة أخرى بزاوية قدرها 90° وتتجه إلى عين للرصد من داخل المنظار. كما يوجد بداخل المنظار منشور آخر في مستوى أعلى من المنشور الأول أي أن السطح العلوي للمنشور الأول يكون في مستوى السطح السفلي للمنشور الثاني تماماً . وهذا المنشور (٤) يحرف خط النظر المار به بزاوية صغير ظلها $\frac{1}{100}$ ويمكن استخدام مناشير أخرى ذات زوايا ظلها أي مقدار آخر ثابت.

وعند رصد هدف ما بالمنظار فتظهر له صورتان فوق بعضهما شكل (١٧٧) إحداها مباشرة عمودياً على الذراع والثانية المنعكسة عن طريق المنشور (٤) . وعندما تنطبق الصورتان تماماً شكل (١٧٨) فمعنى ذلك أن الشعاع الصادر عن المنشور المتزلز يقابل الشعاع الآخر المار بالمنشور (٤) عند الهدف تماماً وبذلك يتكون المثلث الفراغي شكل (١٧٩) الذي رأسه عند الهدف وقاعدته عند

الجهاز وإحدى زواياه قائمة وزاوية رأسه هي زاوية انحراف المنشور الثابت (٤) المثبت عند المنظار. وعليه تكون المسافة المطلوب تعيينها تساوي القاعدة ط α ظل زاوية المنشور المستخدم وتدرجي القاعدة م α حسب زاوية المنشور لتعطي المسافة مباشرة.

استعمال الجهاز:

١- نضع شاخصاً عند النقطة المطلوب إيجاد بعدها ومنسوبها. وإذا كانت هذه النقطة هدفاً ثابتاً مثل مبنى أو شجرة مثلاً فيرصد على الهدف مباشرة.

٢- نضع الجهاز على الحامل الثلاثي الخاص به عند الطرف الآخر للخط ونسامته ونعده للرصد.

٣- نرصد الهدف بالمنظار فيظهر له صورتان فوق بعضهما. ثم تحرك المنشور المنزلق فوق ذراع الجهاز حتي نحصل علي الوضع الذي تظهر فيه الصورتان متكاملتان تماماً في الوضع الرأسى ويكون هذا هو الوضع الصحيح للرصد كما في شكل (١٧٨) وتقرأ المسافة (م) على الذراع مباشرة.

هذا ويستعمل مع الجهاز مناشير تتراوح ظلالاتها من $\frac{1}{100}$ إلى $\frac{1}{1000}$ والجدول يبين قيم ثوابت المنشور المستخدمة ومدى القياس المناسب لاستعمال كل منها علاوة على النسبة المئوية لخطأ القياس.

ظل زاوية المنشور	مدى القياس لاستعماله	النسبة المئوية للخطأ في القياس
١٠٠ / ١	٢ - ٣٠ متراً	٠,٢
٢٥٠ / ١	٤ - ٧٥ متراً	٠,٣
٥٠٠ / ١	٨ - ١٥٠ متراً	٠,٥
١٠٠٠ / ١	١٥ - ٢٠٠ متراً	١,٠
٢٠٠٠ / ١	٣٠ - ٦٠٠ متراً	٢,٥ - ٣,٠

ولتعيين المسافات الأفقية للخطوط المقامة يجب قياس زوايا الارتفاع وبذا تكون :

ف = م جتا ن ، ص = م جا ن

حيث م = المسافة المائلة المقاسة مباشرة من الجهاز.

هـ = زاوية الارتفاع والتي تقاس بالدائرة الرأسية بالجهاز.

وهناك جدول خاص مرفق بالجهاز للمقادير التي تطرح من المسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية مباشرة.

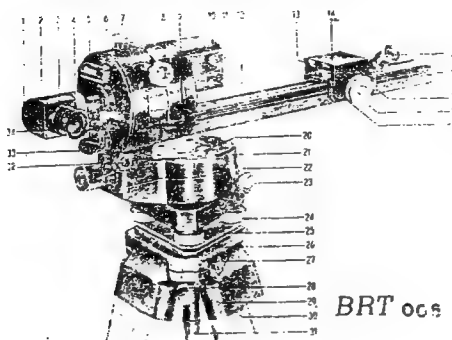
ويمكن استعمال هذا الجهاز في قياس الارتفاعات الرأسية مباشرة من الطبيعة إذا كانت هذه الارتفاعات فوق الراصد ، مثل الترخي في أسلاك التليفون والخطوط الكهربائية أو الأسقف والجمالونات أو ما شابه ذلك ، نفلك الجهاز من قاعدته ونثبت به مقبضاً خاصاً ثم نرصد به الهدف المطلوب ونقيس ارتفاعه فوق الراصد.

٢- جهاز القاعدة المختزل: BRT 006

وهو نفس جهاز التليوتوب بعد تعديله وإدخال بعض التحسينات عليه وذلك بإضافة مجموعة من المنشورات واستعمال الحركة السريعة والبطيئة لتحريك الغلاف المنشوري ولدقة التوجيه والتطبيق وقراءة النراع - والغرض من هذه التحسينات هو الحصول على المسافات الأفقية مباشرة بدلاً من المسافات المائلة سواء أكان خط النظر أفقياً أو مائلاً وكذلك الحصول على دقة أكبر في القياس .

ويمكن بواسطة هذا الجهاز أيضا قياس المسافات المائلة مباشرة من الطبيعة عن الحاجة إلى ذلك - حيث أنه يوجد بالجهاز مسمار لتحويل القياس من المسافة الأفقية إلى المسافة المائلة أو بالعكس والنظرية التي على أساسها يقوم هذا الجهاز بتحويل المسافات المائلة إلى مساقطها الأفقية ، هي استعمال المنشورين الموازيين السابق ذكرهما في جهاز القياس التكيومتري (ردتا).

الجهاز به دائرة أفقية لقياس زوايا الارتفاع والانخفاض . كما يمكن أخذ مقادير الظلال مباشرة لتعيين الفرق الرأسى فى المنسوب (شكل ١٨٠) .



شكل رقم (١٨٠)

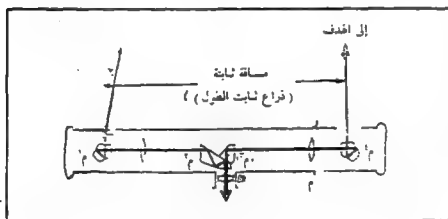
جهاز التليمتر ومقدر المسافات ، Range Finder

يعتبر جهاز التليمتر من الأجهزة التى بها خط القاعدة ثابت وتتغير زاوية البرالاكس بتغير المسافة المقاسة والجهاز عبارة عن ذراع ثابت الطول مثبت فى طرفيه منشوران قائمان ١ م ، ٤ م يعكسان صورة المرئى على منشوران آخرين ٢ م ، ٣ م شكل (١٨١) . ينظر الراصد منهما بعينه اليمنى فيرصد صورتين منعكسين من المنشورين الطرفين ١ م ، ٣ م وتحريك المنشور الأيمن ٣ م بواسطة مسمار خاص يمكن الحصول على انطباق تام للصورتين وهذه الحركة مدرجة على مقياس يستطيع الراصد قراءته بالعين اليسرى وهذا المقياس يعطى مباشرة المسافة بين الهدف والراصد أى المسافة المائلة وتزداد زاوية انحراف المنشور الأيمن ٢ م

بالنسبة للمتشور الأيسر الثابت ٢م عندما تقل المسافة بين الهدف والجهاز وتقل هذه الزاوية بزيادة المسافة المقاسة . ويستعمل هذا الجهاز في الأغراض العسكرية.

وكمثال لهذا النوع من الأجهزة جهاز تليمتر طراز TM 01 وايلد وفيه طول الذراع الثابتة ٥٠ سم ويمكن القياس به من ٣٠ متر حتى ١٠٠٠ متر ويخطأ نسبي بين $\frac{1}{100}$ إلى $\frac{1}{500}$.

وكمثال آخر جهاز مقدر المسافات Range Finder (هليجسرات) (لندن) والاختلاف الجوهرى بين الجهازين ينحصر فى أن طول ذراع جهاز مقدر المسافات هو ١ متر ويمكن تقدير مسافات حتى ١٠٠٠ متر ويخطأ نسبي بين $\frac{1}{800}$ إلى $\frac{1}{1000}$ والفرق الواضح بين الجهازين فى أن جهاز تليمتر طراز TM 01 تتكون للهدف صورتان أحدهما معتدلة والأخرى مقلوبة أما جهاز مقدر المسافات فتظهر صورتان متكاملتان للهدف نفسه كما فى حالة التليتراب.



شكل رقم (١٨١)

رفع منطقة التاكومتر

طريقة العمل:

١- نختار مضلع المنطقة مثل أ ب ج د هـ شكل (١٨٢) ونضع الجهاز فوق إحدى النقط ولتكن (أ).

٢- يحدد ارتفاع الجهاز من محور المنظار الأفقى إلى نقطة أ.

٣- نضع القامة على نقطة معلومة المنسوب ونستنتج منسوب (أ) بالحساب من نظرة أفقية أو مائلة وننقل القامة إلى النقط التى تتغير فيها طبيعة الأرض مثل ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ وتتخذ عند كل نقطة قراءات الشعرات الثلاث على القامة وانحراف الاتجاه إلى النقطة بالنسبة إلى أحد أضلاع المضلع أو الانحراف الدائرى إذا كان الجهاز مزوداً ببوصلة (فى حالة استعمال طريقة الاستاديا) نقيس أضلاع المضلع ونعين مناسيب النقط المجاورة فى المضلع.

٤- ننقل الجهاز إلى (ب) ونكرر ما سبق . وهكذا نقطة بعد أخرى حتى نهاية نقط المضلع.

٥- يجب تحقيق مناسيب نقط الترافرس الأصلى بالميزان إن أمكن.

٦- يعمل كروكى للاتجاهات حتى لا تتداخل الأرصاء عند توقيمها فى المكتب بعد ذلك.

احتياطات هامة فى العمل:

١- إذا كانت أطوال أضلاع الترافرس تعين تاكيومترياً فيجب أن يجرى ذلك مرتين بين طرفي المضلع وغالباً ما تجرى باستعمال قضيب الأنفار أو الرودتا للحصول على دقة عالية.

٢- يجب التأكد من رأسية القامة (حالة شعرات الأستاذيا) ومنحسن تثبيت

ميزان تسوية دائرى خلف القامة لهذا الغرض.

٣- يجب بقدر الإمكان عدم أخذ قراءة الشعر السفلى إذا كانت قريبة جداً من الأرض بسبب الانكسار الجوى فى هذه المنطقة.

٤- عند رفع مناطق شاسعة يحسن استخدام التاكيومترات المزودة بمنحنيات استاديا لسرعة وسهولة الاستعمال.

٥- فى حالة قياس زوايا رأسية يحسن جعل القرص الرأسى يقرأ إلى أقرب دقيقة صحيحة لسهولة استخراج النسب المثلثية.

٦- فى حالة استحالة قراءة الشعرة العليا لوجود عائق مثلاً أو لبعد المسافة تؤخذ قراءتا الشعرتين السفلى والوسطى ويستنتج منها قراءة الشعرة العليا.

٧- فى المقاييس الكبيرة يستحسن استعمال الطرق التاكيومترية فى التفاصيل فقط أما فى المقاييس الصغيرة فيمكن استعمالها كلية للمضلع والتفاصيل.

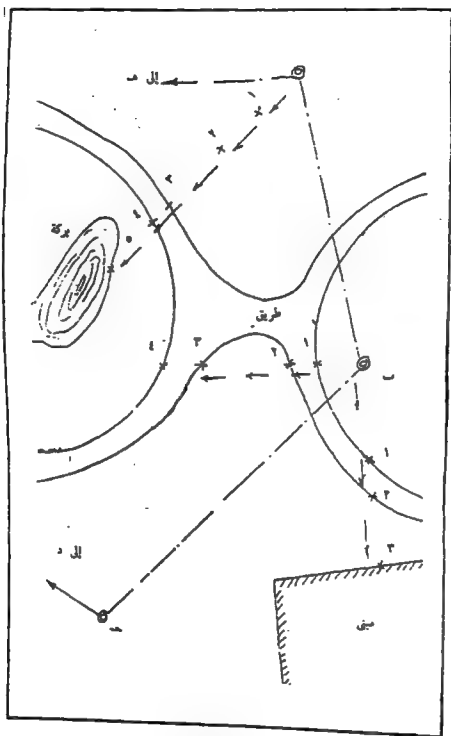
٨- يجب تحقيق المناسيب بالربط على روبرات أو نقط معلوم منسوبها كلما تيسر ذلك.

عمل المكتب:

١- نحسب المسافات والمناسيب فى دفتر الغيظ وطرق تدوين الأرصاد كثيرة مبين إحداها فى الجدول.

٢- نعين نقط التراقص على اللوحة إما بالسنقلة والقياس أو باستخدام جهاز توقيع الإحداثيات القطبى أو حسابياً.

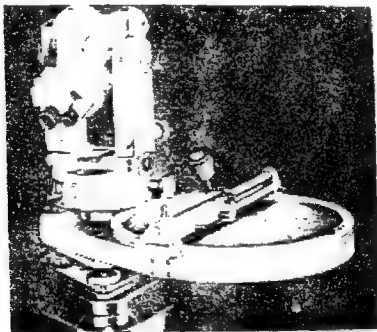
٣- نرسم من كل نقطة من المضلع أشعة فى الاتجاهات المرصودة ، ونوقع عليها مسافات النقط التى أوجدنا مناسيبها بالاستعانة بالكروكى المرسوم وبذا



شكل رقم (١٨٢)

يمكن الحصول على خريطة بها التفاصيل وعمل خطوط الكونتور من واقع المناسيب إذا أردنا ويمكن استعماله، جهاز كارتى (Karti) بنجاح تام وهو جهاز شبيه بالبلاشيطة فى عمله ويستخدم دائما مع تاكيومتر دالتا شكل (١٨٣) .

٤- يمكن استعمال البلاشيطة واليداد البلاشيطة كـتاكيومتر وتوقيع المناسيب والتفاصيل مباشرة على الخريطة.



شكل رقم (١٨٣)

مثال على المساحة التاكيومترية،

عطت المساحة التاكيومترية التى أرصدها فى الجدول المبين بجهاز تاكيومترية عدسة تحليلية وثابته التاكيومتري ١٠٠ ومنسوب أ = ٣٣,٨٨ متراً.

والجدول يوضح تدوين واستنتاج المسافات الأفقية ومناسيب النقاط المختلفة.

مصادر الأخطاء في المساحة التاكومترية:

فضلاً عن مصادر الأخطاء في العمل بالتبؤدوليت فإن العمل في المساحة التاكومترية معرض لكثير من مصادر الأخطاء في الميزانية وعلى العموم يمكن تقسيم مصادر الأخطاء في إيجاد المسافات والارتفاعات بطريقة شعرات الاستاديا إلى ثلاثة أنواع هي:

أولاً - أخطاء شخصية:

أ - الخطأ في قراءة القامة ومن الأخطاء الشائعة قراءة الشعرة الوسطى بدلاً من إحدى شعرتي الاستاديا وبذا نحصل على نصف المسافة الصحيحة ويمكن تلاقي الوقوع في مثل هذا الخطأ بتقدير المسافة بالعين المجردة ، وكثير من الأجهزة يجهز دليلها بشعرات قطرية لهذا السبب.

ب- الخطأ في قياس الزوايا الرأسية ويجب الاحتياط تماماً في قياسها خاصة إذا كانت زاوية الميل كبيرة والمسافة طويلة.

وبدراسة معادلات طريقة الاستاديا نجد أن الخطأ في قياس الزوايا الرأسية في الأحوال العادية ليس بذى أثر هام على المسافة الأفقية المحسوبة فمثلاً خطأ مقداره دقيقة واحدة في قياس زاوية رأسية قدرها ٥° يؤثر على دقة تعيين المسافة الأفقية بمقدار $\frac{1}{4000}$ بينما لو كانت الزاوية الرأسية ١٥° فإن التأثير يكون $\frac{1}{1000}$.

وتأثير الخطأ في الزوايا الرأسية على قيمة فرق الارتفاعات هام نسبياً فمثلاً خطأ مقداره دقيقة واحدة في أى زاوية رأسية في النطاق العادي يعطى خطأ مقداره ٤ سم تقريباً في الارتفاع إذا كانت المسافة الأفقية ١٠٠ متر.

ج - الخطأ الناتج من وضع القامة رأسية ويزداد تأثير هذا الخطأ بازدياد زاوية الميل.

جدول على المساحة التاكيومترية

[illegible]

ومن الشروط الواجب اتخاذها فى أعمال المساحة التاكيومترية أن تكون القامة رأسية تماماً إذ أن ميل القامة بسبب خطأ فى المسافة المرصودة ويزداد مقدار هذا الخطأ كلما زادت زاوية ميل خط النظر . فمثلاً إذا كان لدينا قامة طولها ٤ متر وكانت قممتها تبعد عن الوضع الرأسى ١٥ سم إلى الناحية المضادة من الجهاز (أى يميل ٥٣° ٢' عن الرأسى (وكانت المسافة = ٢١٠ متر والزاوية الرأسية ٥° فإن الخطأ الناتج = ١٢ سم على القامة أى ١٢ متر فى المسافة إما إذا كانت الزاوية الرأسية ١٥° فإن الجزء المحصور على القامة = ٣٣ سم أى ٣٣ متر فى المسافة.

وفى بعض الأعمال التاكيومترية يجب جعل القامة رأسية بواسطة ميزان تسوية خاص إذا كانت زاوية ميل خط النظر كبيرة.

د - الخطأ فى استعمال الثابت التاكيومترى الصحيح فقد نستعمل الثابت ١٠٠ وهو فى الواقع ليس كذلك وهذا من أهميه مصادر الأخطاء فى المساحة التاكيومترية لأنه خطأ تراكمى ويمكن تلافيه بإيجاد الثابت الصحيح كما سبق هذا الباب.

ثانياً - أخطاء آلية،

معظمها ينصب على أخطاء التيردوليت مثل خطأ الصفر وعدم ضبط ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية وكذلك الخطأ فى تدريج القامة نتيجة لتمدها أو انكماشها وهذا يمكن إهماله فى الأعمال العادية ، ولكن فى الأعمال الدقيقة يجب معايرة القامة وإجراء التصحيح اللازم فى القراءات.

ثالثاً - أخطاء طبيعية،

وأهمها تأثير الرياح واختلاف تأثير الانكسار الجوى على قراءتى شعرتى

الاستاديا وثلاثي تأثير الانكسار يجب ألا يمر خط النظر (المر بالشمرة العليا) على مسافة تقل عن متر من سطح الأرض وهذا الاحتياط تزداد أهميته خاصة أثناء ساعات منتصف النهار . وأهمية هذا الخطأ ضئيلة في الأعمال العادية التي تكون الدقة المطلوبة فيها $\frac{1}{100}$ أو أقل.

ونحصل على أحسن النتائج بالرصد في الصباح بين السابعة والتاسعة أو مساء بين الرابعة والسابعة أو في الجو الملبد بالغيوم ففي هذه الفترات يقل تغير الانكسار إلى أقصى حد نتيجة لعدم اختلاف كثافة طبقات الهواء القريبة من الأرض عن بعضها البعض. وإذا اضطررنا للعمل أثناء منتصف النهار نأخذ قراءتي الشرعيتين العليا والوسطى ونضرب الفرق في ٢.

مسائل

١- أخذت قراءات من جهازى تاكيومتر عند نقطة ١ التي منسوبها ١٥ر٥ متر إلى قمة موضوعة فوق ب.

الجهاز الأول (P) : ثابتة التاكيومتري ١٠٠ وثابته الإضافي ١٤ر٤ بوصة -
الجهاز الثاني (D) : ثابتة التايكوتري ٩٥ وثابته الإضافي ١٥ر٠ بوصة.

وكان ارتفاع الجهاز (P) عند أ = ١٤ر٥ متراً وزاوية الارتفاع ٣٠° والقراءات ٢ر٣٧ ، ٢ر٣١ ، ٣ر٢٧ متراً . فإذا كان ارتفاع الجهاز (D) عند أ = ١ر٥٨ متر وزاوية الارتفاع ٣٣° فما هي القراءات الواجبة علي القامة بالجهاز (D) .

٢- لإيجاد منسوب النقطة أ من النقطة ب المعلوم منسوبها وضع التبيدوليت فوق نقطة جديدة جـ وأخذت القراءات الآتية على القامتين الموضوعتين رأسياً فوق أ ، ب فكانت :

القائمة	الزاوية الرأسية	قراءة الشعرات (م)
أ	- ٣٥ ° ٧	٥٥-٢ ، ٢٠٥ ، ١٥٠ ، ٩٥٠
ب	+ ٥ ° ١٠	١٨٠ ، ٢٠٠ ، ٢٩٨

فإذا علم أن الجهاز به عدسة تحليلية والشابث التاكيومترى = ١٠٠ وأن منسوب ب = ١٤٢٧ متراً. احسب منسوب نقطة أ.

٣- وضع تاكيومتر على جانب جبل ورصد طرفاً طريق أ ب فكانت زاوية الارتفاع عندما رصدت أ هي ٢٠ ° ٢٥ وقراءات الشعرات ٢٥ ر ٢ ، ٩٠ ر ٣ ، ٩٣ متر والجهاز مزود بعدسة تحليلية ثم رصدت قمة عند ب بزاوية انخفاض ٣٧ ° فكانت القراءة ٨٧ ر ٢ ولما خفض المنظار حتى أصبحت الزاوية ٦٠ ° رصدت أسفل نقطة في القائمة . فإذا كان انحراف الخط من التاكيومتر إلى أ ٢٩٧ وإلى ب = ١١٧ ° فما مقدار انحراف الطريق ب أ.

ملحوظة:

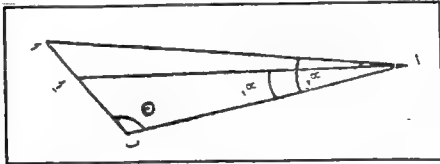
ابعد البؤرى للشيئية = ٢٥ سم والمسافة بين شعرتى الاستاديا = ٦ ملليمتر.

٤- البعد البؤرى لعدسة الشيئية في منظار هو ٣٠ سم والمحور الرأسى للدوران في منتصف المسافة بين الشيئية والبؤرة وضعت القمة على بعد ١٨٠ متر من المحور الرأسى للجهاز وكان الجزء المقطوع بين شعرتى الاستاديا على القائمة = ١٧٧ متر ، ما هي المسافة بين شعرتى الاستاديا في الجهاز.

٥- قيس خط أ ب بوضع قضيب الأتفار عمودياً عليه وفي منتصفه تقريباً كانت الزاويتان المرصودتان عند كل من أ ، ب هي $27^{\circ} 2'$ ، $45^{\circ} 2'$ على الترتيب فما هو طول الخط . ؟

٦- قيس الضلع أ ب بالطريقة التالية الزوايا 1α ، 1α ، θ كما في الشكل وقيست المسافتان أ ج ١ ، أ ج ٣ ، بقضيب أنفار موضوع عند ج ١ ، ج ٢ وتبيدوليت عند أ . هنا حصلنا على طولين للضلع أ ب وأخذ المتوسط.
 الزاوية عند أ المحصورة بالقضيب عند ج ١ = 27.1 ، 27.5 ، 27.1 .
 الزاوية عند أ المحصورة بالقضيب عند ج ٢ = 30.1 ، 30.4 ، 30.1 .
 أ = 33.3 ، 33.5 ، 33.1 ، $1\alpha = 27.1$ ، 27.5 ، 27.1 ، $1\alpha = 33.3$ ، 33.5 ، 33.1 .
 احسب المسافة الأفقية أ ب.

٧- تاكيومتر مزود بثلاث شعرات المسافة بين كل زوج منها = 25.0 م. من البوصة والبعد البؤدي للشبيثة = 9 بوصة - المسافة من الشبيثة للمحور الرأسى = 45 بوصة - وضعت قامة رأسية عند نقطة منسوبها 80 متر - أميل المنظار 9° على الأفقى وكانت قراءات القامة 1.61 ، 2.94 ، 3.75 متر أوجد المسافة الأفقية بين الجهاز والقامة - كذلك منسوب خط النظر علماً بأن ارتفاع الجهاز = 1.40 متر .



٨- قيس خط أ ب باستعمال قضيب الأنفجار وخط قاعدة مساعد عمودى على جانب واحد من أ ب وفى منتصفه تماماً فإذا كان طول الخط أ ب هو ٨٦٤ متر وطول القاعدة المساعد هو ٢٨ متر. قعین زاوية البرالاكس وكل من الزاويتين الموجودتين عند طرفى الخط.

وإذا كان خط القاعدة المساعد ينصف أ ب وعلى جانبيه فما هي زاوية البرالاكس وكل من الزاويتين المرصودتين عند طرف الخط في هذه الحالة.

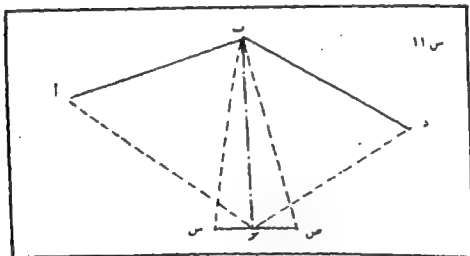
٩- الشكل يبين ضلعى ترافرس أ ب ، ب د مع قاعدة مساعدة ب ج ، احسب أطوال الترافرس من الأرصاد التالية:

$$\angle \text{ب أ ج} = 30^\circ \quad \angle \text{ب ج د} = 60^\circ$$

$$\angle \text{ب أ ج} = 60^\circ \quad \angle \text{ب ج د} = 120^\circ$$

$$\angle \text{ب ب س} = 90^\circ \quad \angle \text{ب ج س} = 60^\circ$$

وكان طول قضيب أنفجار المستعمل = ٢ متر



١٠- توافرس أريد إيجاد مسافة بين النقطتين ، أ ، ب ، أ كانت ظاهرة من س إحدى نقط التوافرس ، أما ب فكانت ظاهرة من نقطة أخرى ص .
أخذت أرصاد تاكيومترية من س ، ص علي قامتين موضوعتين فوق أ ، ب وكانت الأرصاد كما يلي:

نقطة التوافرس	الاحداثيات		نقطة القامة	الانحراف	الزاوية الرأسية	قراءات الثمرات
	الرأسية	الأفقية				
س	٣٠٠ ش	٨٠٠ ق	أ	٣٢٦ ' ٤٢	٠٩ ' ٢٢	١,٥٠ ٢,٧٢ ، ٢,١١
ص	٢٦٠ ص	٢٧٤٠ ع	ب	١٠ ' ٢٧	٠١٢ ' ١٨	١,٨٠ ٢,٧٠ ، ٢,٢٥

الجهاز مزود بعدسة تحليلية والثابت التاكيومتري ١٠٠ . احسب المسافة أ ب وانحراف أ ب.

١١- أريد قياس خط أ ب باستعمال قضيب الأنفار فأقيمت قاعدة مساعدة أ ج عند أ وعلى جانب واحد من أ ب فإذا كانت زاوية البرالاكس عند أ هـ ٣٤ ° والزاوية ج أ ب ٣٩ ° والزاوية أ ب ج ١٢ ° فـعين طول الخط أ ب وهل طول القاعدة المساعد مناسب أم لا .

بين أيضاً إذا كانت هذه الطريقة مناسبة لقياس هذا الخط أم لا وإذا لم تكن كذلك فما هي الطريقة المناسبة.

١٢- وضعت قامة رأسية ورصدت بتيودوليت عادي ورصدت الزوايا الرأسية لهدفين على القامة ، فإذا كانت المسافة الرأسية بينهما = ٣٠٠ مترا والفرق بين

ظلى زاويتي الارتفاع = ٢٢٣ ر . ما منسوب نقطة القمة إذا كان ظل زاوية الهدف السفلى = ٥٤١ و - والارتفاع من الأرض للهدف العلوى = ٢٠ متر ومنسوب سطح الجهاز تحت سطح البحر بمقدار ٥ متر.

١٣- عين معدل الانحدار بين نقطتين أ ، ب من الأرصاد الآتية المأخوذة بتاكيومتر مجهز بعنسة تحليلية وثابته التاكيومتري ١٠٠ .

١٤- تيودوليت مزود بعنسة تحليلية وثابته التاكيومتري ١٠٠ وضع عند نقطة ب وكان ارتفاع المحور الأفقى للجهاز ١٤ م وأخذت الإرساد التالية:

الجهاز عند إلي	الدائرة الأفقية	الدائرة الرأسية	القراءات
-------------------	-----------------	-----------------	----------

أ . . . ٤٤ ٣٦ °

ب

ج . . . ٣ ٧٤ ° + ٣٠ ٢٠ ° ، ١١ ، ١٠ ، ١٦ ، ١١

٣ ، ١٧ م

١٥- قمة تل معلوم ارتفاعها بأنها ٢٠٥٥ متر فوق سطح المياه فى بحيرة - رصدت هذه القمة من الجانب الآخر للبحيرة ، وكانت زاوية ارتفاعها ١٥ ° ٥ فإذا كانت انخفاض صورة القمة فى مياه البحيرة ٤٥ ° ٨ .

أوجد المسافة الأفقية من الجهاز إلى التل - وأوجد كذلك الفرق بين منسوبى النقطتين.

محتويات الكتاب

الباب الأول

مقدمة

١٠	أقسام المساحة
١٢	وحدات القياس

الباب الثاني

المساحة بالجنزير والرفع

١٥	خطوات رفع منطقة
٢٣	طرق قياس أطوال الخطوط
٢٣	الأبواب المستعملة
٢٩	قياس أطوال الخطوط
٣٣	الكليزومتر
٣٣	المقاييس والموانع في قياس أطوال الأضلاع
٤١	طرق رفع المباني
٤٣	الأخطاء في قياس الأطوال بالشريط أو الجنزير
٥٧	العمليات المساحية البسيطة
٦٦	تطبيقات على استعمال الشريط والجنزير
٧٠	مسائل ..

الباب الثالث

المساحة بالبوصلية المنشورية

٧٥	تعريف
----	-------

٧٦	الانحرافات
٧٩	تغيرات الشمال المغناطيسى
٨٣	البوصلة المنشورية
٨٦	تصحيح انحرافات الخطوط
٩١	استعمالات البوصلة
٩٦	طرق رسم المصلحة
١٠٠	خطاً القفل
١٠٧	حساب طول وانحراف خط لم يرصد
١١٢	مسائل

الباب الرابع

المساحة باللوحه المستوية (البلاشيطه)

١١٧	استعمالات اللوحه المستوية
١٢١	شروط الضبط للأدوات المستعملة فى اللوحه المستوية
١٢٥	طرق الرفع باللوحه المستوية

الباب الخامس

الخرائط المساحية

١٣٣	الخرائط المساحية
١٣٤	مقياس الرسم للخريطة
١٣٥	المقياس العددي
١٣٥	المقياس التخطيطي
١٤٢	رسم وإعداد الخرائط
١٤٩	انكماش الخرائط

١٥٢	ترتيب الخرائط
١٦٦	مسائل

الباب السادس المساحة بالتبيدوليت

١٦٩	التبيدوليت
١٧٠	أنواع الورتنيات
١٧٧	التبيدوليت ذو الورتنية
١٨١	قياس الزوايا الأفقية
١٨٦	توقيع الزاوية الأفقية
١٨٧	ترافرس التبيدوليت
١٩٦	مسائل ..

الباب السابع المساحات

٢٠٣	حساب المساحات
٢٠٤	مساحة الأشكال المنتظمة
٢١٥	الطرق النصف حسابية
٢٢٤	إيجاد المساحات بالطرق الميكانيكية
٢٢٢	مسائل

الباب الثامن الميزانية

٢٣٥	مستوى المقارنة
٢٣٥	منسوب النقطة

٢٣٧	علامات المناسيب (الروبير)
٢٣٩	الأجهزة والأدوات المستخدمة فى الميزانية
٢٤٥	أنواع الموازين
٢٦١	الضبط المؤقت للموازين
٢٦٢	الضبط الدائم للميزان
٢٦٩	اغراض الميزانية
٢٦٩	الميزانية الطولية
٢٧٣	طرق تدوين للميزانية
٢٨٥	تشكيل القطاعات الطولية
٢٨٩	الميزانية العرضية
٢٩٢	الميزانية الشبكية
٢٩٦	عمل مشروع خريطة كنتورية
٣٠٢	استعمالات خطوط الكنتور
٣٠٤	تطبيقات على الميزانية
٣٠٧	الميزانية العكسية
٣١١	مسائل

الباب التاسع

الكميات والحجوم وتسوية الأراضى

٣١٩	مكعبات الأشكال المنتظمة
٣٢٦	طريقة التقسيم إلى منشورات ناقصة
٣٣٠	المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية
٣٤٦	حساب المكعبات من مناسيب النقط

٣٥٤	حساب المكعبات من خطوط الكنتور
٣٥٨	مكعبات الأثرية في المنحنيات
٣٦٣	تسوية الأراضي للرئ
٣٦٤	طريقة استصلاح الأراضي
٣٦٨	تسوية الأرض على ميل معينة
٣٧٣	مسائل

الباب العاشر

كميات النقل

٣٨١	كميات النقل
٣٨٢	مسافة النقل
٣٨٢	منحنى التوزيع الكمي
٣٨٦	النقل المسموح والنقل الزائد
٣٩٧	مسائل ..

الباب الحادى عشر

المساحة التاكيومترية

٤٠١	أغراض المساحة التاكيومترية
٤٠٥	طريقة شعرات الاستاديا
٤٢٨	طريقة الظلال
٤٣٣	طريقة قضيب الانفار
٤٤٥	طرق وأجهزة الصور المزدوجة
٤٥٩	رفع منطقة بالتاكيومتر
٤٦٦	مسائل

سلاطون كمبيوتر

٤٥٢ طريق الحرية - رشدي

٥٤٤٥٦١٤ - ٥٤٤٣٠٨٧١ ©

رقم الإيداع: ١١٧٣٣ / ٩٨

الترقيم الدولي : ٩ - ٠٥٠٤ - ٠٣ - ٩٧٧

مركز الدلتا للطباعة

٢٤ شارع الفتا - لسبورج

① : ٥٩٥١٩٢٣

